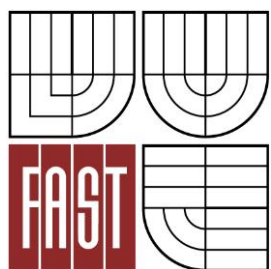




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA

USE OF RESIDUAL HEAT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VOJTĚCH VLASÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Vojtěch Vlasák

Název Využití odpadního tepla

Vedoucí diplomové práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2015

**Datum odevzdání
diplomové práce** 15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce je rozdělena do tří částí. První se zabývá využíváním odpadního tepla v rovině teoretické, kde jsou popsány způsoby a možnosti využití tohoto tepla. Část druhá, výpočtová, řeší návrh vytápění průmyslových hal a přilehlého, převážně administrativního objektu ve dvou variantách, dále je řešena koncepce nuceného rovnotlakého větrání, návrh vzduchových clon a příprava teplé vody. Zdrojem tepla je plynový kondenzační kotel. V poslední části proběhl experiment, kdy se zjišťovala účinnost přeměny energie tepelné v energii elektrickou.

Klíčová slova

Vytápění, odpadní teplo, stropní závěsné sálavé panely, teplovzdušné jednotky, otopná tělesa, příprava teplé vody, nucené větrání, vzduchové clony

Abstract

This dissertation is divided into three parts. The first part deals with the use of waste heat in the theoretical plane, where methods and possibilities of using this heat are described. Part Two, which is computational, deals with the suggestion of heating industrial halls with an adjacent, mostly office, building in two variants, then it goes on to also deal with the concept of equal pressure forced ventilation, a proposal of air curtains and preparation of hot water, where the heat source is a boiler. In the last part an experiment took place which investigated the conversion efficiency of thermal to electric energy.

Keywords

Heating system, residual heat, ceiling mounted heating radiant panels, air-heating units, radiators, hot water preparation, forced ventilation, air curtains

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Vojtěch Vlasák *Využití odpadního tepla*. Brno, 2015. 232 s., 13 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Vojtěch Vlasák

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Vojtěch Vlasák

Poděkování:

Rád bych poděkoval paní Ing. Marcele Počinkové, Ph.D. za její přístup, ochotu a za vědomosti, které mi při vedení této diplomové práce předala. Velké díky také patří mé rodině, díky níž mohla tato práce vzniknout.

OBSAH

ÚVOD	13
A. TEORETICKÁ ČÁST	14
1. ÚVOD	15
2. SMĚR, KTERÝM SE VYDÁME	16
3. ODPADNÍ TEPLA	18
4. KOGENERACE	18
4.1. Kogenerační systémy	19
4.1.1. Horní kogenerační systém	19
4.1.2. Dolní kogenerační systém	19
4.2. Kogenerační jednotky	19
4.2.1. Zařízení pro úpravu primárního zdroje	20
4.2.2. Primární jednotka	20
4.2.3. Zařízení pro výrobu a úpravu elektrické energie	20
4.2.4. Zařízení pro rekuperaci tepelné energie	20
5. TRIGENERACE	21
6. TEPELNÁ ČERPADLA	23
6.1. Kompresorová	23
6.2. Absorpční	24
6.3. Chemická absorpční	25
7. ODPADNÍ VODY	27
7.1. Teplo odebírané přímo v objektu	27
7.2. Teplo odebírané ze stokové sítě	30
7.2.1. Výměníky tepla vložené do kanalizačního potrubí	30
7.2.2. Výměníky integrované do stěny kanalizačního potrubí	31
7.2.3. Předizolované kanalizační potrubí	32
7.2.4. Odběrné šachty	34
8. ORGANICKÝ RANKINŮV CYKLUS (ORC)	35
8.1. Princip ORC	35
8.2. Bioplynové stanice	36
9. TERMoeLEKTRICKÉ JEVY	38
9.1. Seebeckův jev	38
9.2. Peltierův jev	39
9.3. Využití termoelektrických jevů	39
10. ELEKTRÁRNY	40
11. ZÁVĚR	42
12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ.....	47
1. SOUČinitele prostupu tepla.....	49
2. VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU	55
2.1. Hala I	55
2.2. Hala II	94
2.3. Hala III	97
3. Návrh otopných těles.....	106
4. Návrh přípravy teplé vody.....	109
5. Dimenzování otopné soustavy	112
6. Využití odpadního tepla	118
7. Vzduchové clony	122
7.1. Návrh vzduchové clony	123
7.2. Dimenzování	125
7.3. Vyvažovací ventily	125
8. VARIANTA A	126
8.1. Návrh závěsných sálavých panelů.....	129
8.2. Dimenzování	145
8.3. Vyvažovací ventily	147
9. VARIANTA B	149
9.1. Návrh teplovzdušných jednotek	151
9.2. Dimenzování	155
9.3. Vyvažovací ventily	157
10. TECHNICKÁ MÍSTNOST	159
10.1. Zdroj tepla.....	160
10.2. Větrání technické místnosti	161
10.3. Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků	163
10.4. Rozdělovač a sběrač.....	164
10.4.1. Varianta A.....	164
10.4.2. Varianta B	165
10.5. Automatické doplňování vody	166
10.6. Třícestné směšovací ventily	167
10.7. Oběhová čerpadla	169
10.7.1. Sálavé panely 127.....	169
10.7.2. Sálavé panely 130, 133.....	169
10.7.3. Sálavé panely 131, 132.....	170
10.7.4. Teplovzdušné jednotky	170
10.7.5. Otopná tělesa	171
10.7.6. Vzduchové clony 1.....	171
10.7.7. Vzduchové clony a.....	172
11. IZOLACE POTRUBÍ.....	173
11.1. Potrubí – otopná tělesa	174
11.2. Potrubí – vzduchové clony.....	175
11.3. Potrubí – sálavé panely.....	176
11.4. Potrubí – teplovzdušné jednotky	177

12. NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	178
12.1. Varianta A	179
12.1.1. Vodní objem v soustavě	179
12.1.2. Návrh expanzní nádoby	181
12.2. Varianta B	182
12.2.1. Vodní objem v soustavě	182
12.2.2. Návrh expanzní nádoby	184
12.3. Návrh pojistného ventilu	185
13. ROČNÍ POTŘEBA TEPLA	186
 C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	190
1. ÚVOD	191
2. POPIS A CÍL EXPERIMENTU	192
3. METODIKA MĚŘENÍ A POUŽITÉ PROSTŘEDKY	194
4. MĚŘENÍ NAPĚTÍ.....	198
5. MĚŘENÍ OTÁČEK.....	202
6. MĚŘENÍ RYCHLOSTI	206
7. STANOVENÍ VÝKONU A ÚČINNOSTI	209
8. DOSAH A ZVIDITELNĚNÍ PROUDU VZDUCHU	210
9. ZÁVĚR.....	211
10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	212
 D. PROJEKT – TECHNICKÁ ZPRÁVA	213
1. POPIS OBJEKTU A JEHO UMÍSTĚNÍ.....	214
2. VÝCHOZÍ PODKLADY A ROZSAH PROJEKTU.....	214
3. TEPELNÉ ZTRÁTY	214
3.1. Klimatické a provozní podmínky.....	214
3.2. Vnitřní teploty.....	215
3.3. Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí	215
3.4. Tepelný výkon a potřeba tepla	215
3.4.1. Vytápění	215
3.4.2. Vzduchotechnika.....	216
3.4.3. Vzduchové clony	216
3.4.4. Příprava teplé vody	216
3.4.5. Potřeba tepla	216
4. ZDROJ TEPLA	217
4.1. Zdroj tepla.....	217
4.2. Pojistné zařízení	217

5.	OTOPNÁ SOUSTAVA – VARIANTA A	218
5.1.	Otopná tělesa	218
5.2.	Vzduchové clony	218
5.3.	Závěsné sálavé panely	218
5.4.	Čerpací zařízení	219
5.5.	Plnění a vypouštění otopné soustavy	219
5.6.	Izolace potrubí	220
5.6.1.	Otopná tělesa	220
5.6.2.	Vzduchové clony	220
5.6.3.	Sálavé panely	220
6.	OTOPNÁ SOUSTAVA – VARIANTA B.....	221
6.1.	Otopná tělesa	221
6.2.	Vzduchové clony	221
6.3.	Teplovzdušné jednotky	221
6.4.	Čerpací zařízení	222
6.5.	Plnění a vypouštění otopné soustavy	222
6.6.	Izolace potrubí	222
6.6.1.	Otopná tělesa	223
6.6.2.	Vzduchové clony	223
6.6.3.	Teplovzdušné jednotky	223
7.	POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE	224
7.1.	Stavební práce	224
7.2.	Zdravotechnika	224
7.3.	Elektroinstalace	224
7.4.	Měření a regulace	224
8.	MONTÁŽ A POŽADOVANÉ ZKOUŠKY	225
8.1.	Montáž sálavých panelů	225
8.2.	Montáž teplovzdušných jednotek.....	225
8.3.	Zkoušky zařízení	226
9.	NORMY A LEGISLATIVA	227
ZÁVĚR		228
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ		229
SEZNAM PŘÍLOH		232

ÚVOD

Tématem diplomové práce je využití odpadního tepla a sestává ze tří samostatných částí. V první, teoretické části, jsou obsaženy informace o možnostech a důvodech využívání odpadního tepla. Budu zde mimo jiné popisovat kogeneraci, termoelektrické jevy nebo získávání tepla z odpadních vod. Ve výpočtové části, jež tvoří druhý samostatný celek, se zaměřím na návrh vytápění ve dvou variantách, se kterým souvisí výpočet tepelného výkonu, návrh zdroje tepla, otopné soustavy a prvků s ní spojených. Řešena bude také příprava teplé vody či návrh vzduchových clon. V poslední části bude proveden experiment, využívající termoelektrických jevů, ve kterém se pokusím zjistit účinnost přeměny tepelné energie v energii elektrickou.

Doufám, že čtenáře téma mé práce zaujme stejně, jako zaujalo mě a přinese mu kýžené informace.

A. TEORETICKÁ ČÁST

1. Úvod

Na konci října roku 2011 byla pokořena hranice, kdy počet lidí na Zemi dosáhl sedmi miliard. Poslední miliarda obyvatel přibyla za neuvěřitelných 12 let. Ve všech odvětvích proto nastala otázka, jakými prostředky do budoucna uspokojit požadavky takového množství lidí. S přibývajícím populačním růstem rostou nároky nejen na nasycení, ale také na zajištění dostatečného množství energií, kterou obyvatelstvo spotřebovává. Ve všech zemích světa dochází k růstu životního standardu, což vede k navyšování veškeré produkce. Když odhlédneme od základní priority, kterou je zajištění potravy pro lidstvo, dostaneme se k ožehavému tématu, a to k energii.

Energie a její využívání je pojem, který každý jedinec z vyspělých zemí zná a každý z rozvojových zemí touží poznat. Nikdo z nás si dnes neumí představit dobu před elektrifikací či plynofikací, dobu, kdy se v domácnostech svítilo petrolejovými lampami, či se voda ohřívala na kamnech. S rostoucím komfortem a pohodlností lidstva jde ruku v ruce zvyšování spotřeby energie. Jde především o energii elektrickou, která je nejčastěji vyráběna v tepelných elektrárnách. Při spalování běžných fosilních paliv v elektrárnách vzniká kromě jiných látek především oxid uhličitý, který má dopad na změnu klimatu. V posledních letech narůstá tlak, ať už z ekologické či politické sféry, který má za cíl snížení zmíněného oxidu uhličitého.

Stojí před námi tedy otázka, jak tyto dva protiklady vyřešit. Na jedné straně zvyšování spotřeby energie, na straně druhé omezování skleníkových plynů. Radikálním a v dnešním světě nemožným řešením by bylo omezení elektrických spotřebičů a celkové snížení spotřeby energií.

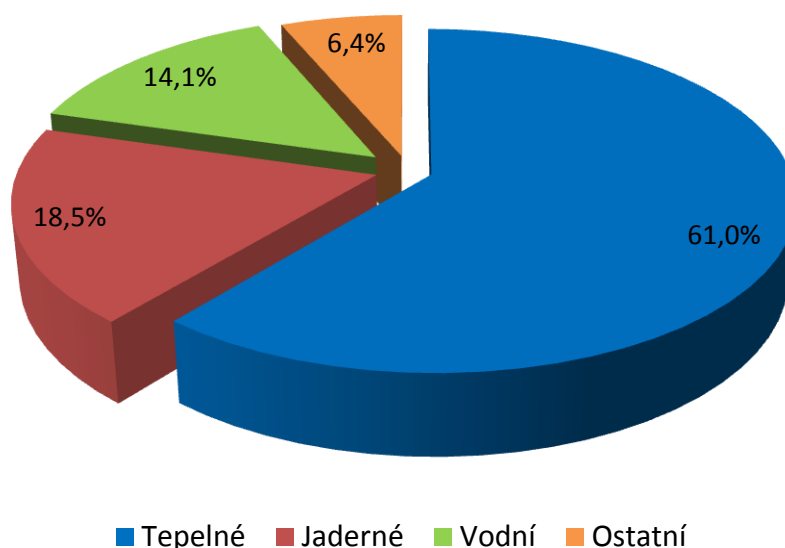
Realističtější řešením je omezování výroby elektrické energie z fosilních paliv a jejich nahrazení obnovitelnými zdroji, kam se řadí energie vodní, větrná, sluneční aj.

Dalším a pro mou diplomovou práci důležitým řešením je využití odpadního tepla, které by jinak uniklo do okolního prostoru.

2. Směr, kterým se vydáme

Dle odhadu, který byl vydán roku 2014, vzroste světová spotřeba energií do roku 2040 o 60% [1]. Pro představu, v zemích OECD (*Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj*) bylo v roce vydání tohoto odhadu vyprodukováno 10 193 TWh elektrické energie. Procentuální rozdělení dle druhu energií je patrné z grafu č.1.

Světová výroba elektřiny v zemích OECD - 2014



* ostatními se myslí energie geotermální, větrná, sluneční aj.

Graf 1 Světová výroba elektřiny v roce 2014, data z IEA

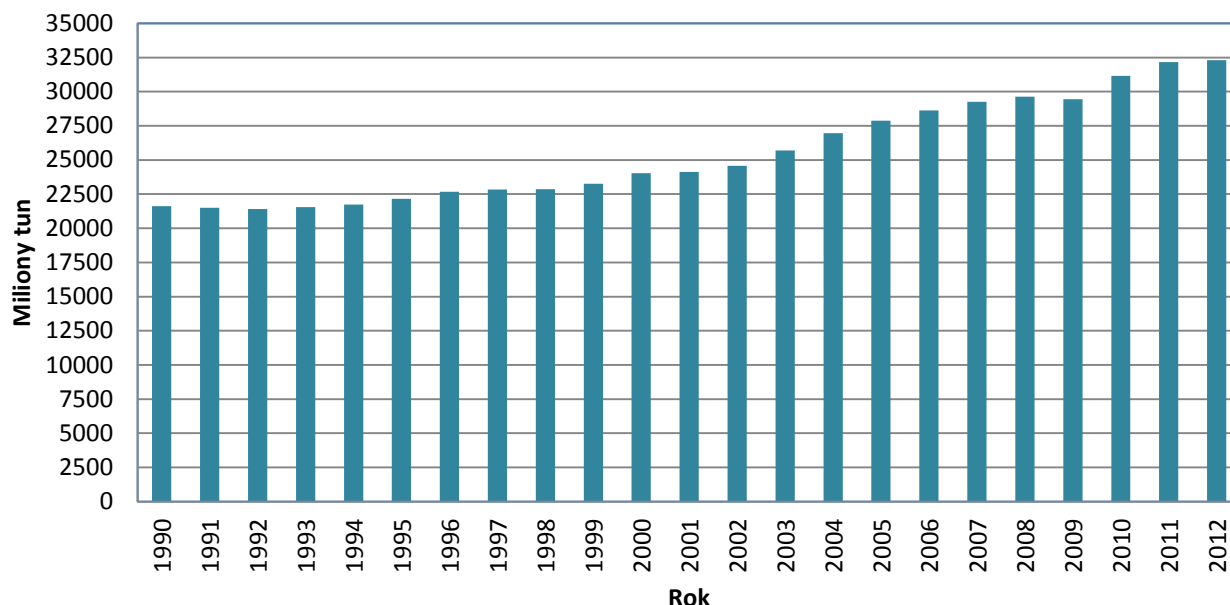
Z grafu je patrné, že výroba elektřiny je zajištěna z 80% neobnovitelnými zdroji. Při každoročních prognózách o vyčerpání ložisek ropy, uhlí či zemního plynu je jasné, že trend výroby elektrické energie z fosilních paliv bude jen těžko udržitelný.

I kdybychom pominuli fakt, že se ložiska jednoho dne vyprázdní, vyvstává před námi další problém, a to změna klimatu způsobená skleníkovými plyny. Jedná se o kontroverzní téma probírané od laické veřejnosti až po vědeckou obci.

Ať už je člověk zastáncem teorie globálního oteplování či je to pro něj jen snůška polopравd, faktem zůstává, že množství skleníkových plynů vypouštěných do ovzduší roste. V roce 1982 činily emise oxidu uhličitého 18,1 miliard tun. O třicet let později toto číslo přesáhlo 32 miliard tun [2].

Historii emisí oxidu uhličitého od roku 1990 do roku 2012 můžete vidět na grafu č.2.

Historie celkových emisí oxidu uhličitého ze spotřeby energie



Graf 2 Historie celkových emisí oxidu uhličitého 1990 – 2012, data z EIA

Směr, kterým se tedy můžeme vydat, je buďto směr navyšování produkce bez ohledů na životní prostředí nebo snaha omezit spotřebu a co nejvíce využívat obnovitelné zdroje.

Využívání obnovitelných zdrojů v zemích OECD při výrobě elektrické energie vzrostl od roku 2005 pouze o necelých 6% s tím, že energie vody se za devět let využívá pouze o necelé 1% více a zbytek tvoří nárůst energie geotermální, větrné a sluneční [3].

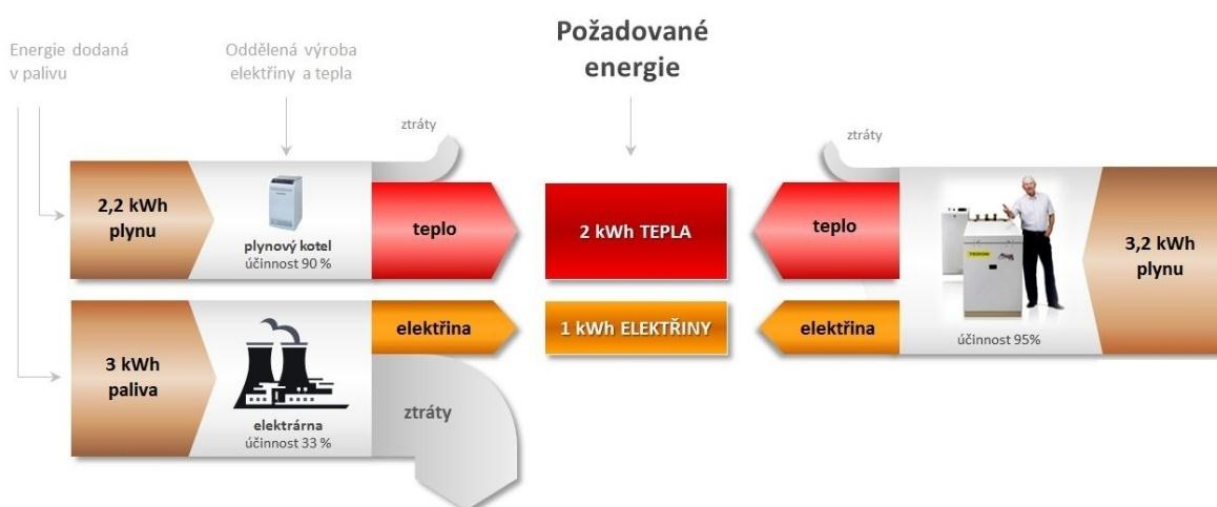
Dalším možným směrem, kterým se budu na dalších stranách zabývat, je využívání odpadního tepla. Stejně jako se během světových válek rozšířilo třídění odpadu a jeho následná recyklace, tak i v dnešní době dochází společnost k uznání faktu, že se veškeré nerostné suroviny pro výrobu elektrické energie musí využívat co nejefektivněji. Jedná se vlastně o recyklaci tepla, které by jinak uniklo bez užitku do okolního prostředí.

3. Odpadní teplo

Odpadní teplo je teplo vázané na odcházející plynné, pevné nebo kapalné látky technologické nebo energetické povahy [4]. Toto teplo vzniká v různých odvětvích, ať už jde o energetický průmysl, hutnictví, slévárenství, sklářství apod. Jak je již patrné z názvu, tak toto teplo je teplo druhotné, jež se obvykle nevyužívá, ať už z důvodu nemožnosti upotřebení tepla nebo proto, že je jeho využití ekonomicky nevýhodné. V posledních letech se však stále více dostává do popředí využívání odpadního tepla především z průmyslu a domácností, kdy dochází k uvědomění si, že pokud druhotné teplo nevyužijeme, je bez užtku mařeno a odváděno mimo komplex.

4. Kogenerace

Pod pojmem kogenerace rozumíme současnou výrobu dvou druhů energií, nejčastěji to bývá kombinace elektrické a tepelné energie. V ČR se pak můžeme setkat s pojmem kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET). Systém, který nám zajišťuje výrobu a dopravu elektrické a tepelné energie nazýváme kogenerační systém. Výrobní, ve kterých se přeměňuje primární energie (např. z paliva) na energii elektrickou a tepelnou, nazýváme kogenerační jednotky. S možností kombinované výroby energií se zvyšuje celková účinnost systému oproti samotné výrobě elektrické a tepelné energie [5]. Při kogeneraci, tedy společné výrobě elektrické energie a tepla, dochází k vysokému využití energie v palivu, kdy může účinnost dosáhnout až 95%.



Obr. 1 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla [6]

4.1. Kogenerační systémy

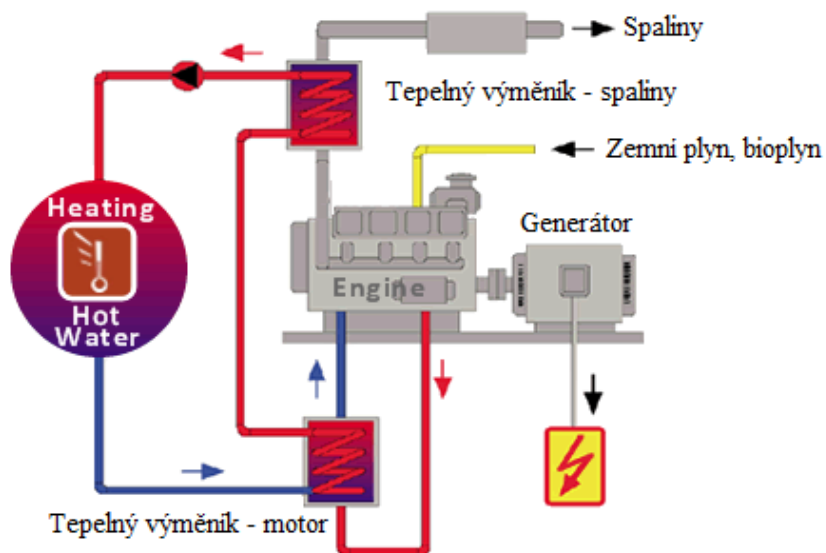
Podle toho, která z energií se vyrábí primárně, můžeme rozlišit dva druhy kogeneračních systémů.

4.1.1. Horní kogenerační systém

Primárně dochází k získání tepelné energie v energetickém zařízení. Teplo je využíváno pro technologické procesy (ocelárny, sklárny apod.) a poté zaváděno do energetického zařízení, kde se přemění na energii mechanickou, která je dále přeměňována v elektrických generátorech na elektrickou energii.

4.1.2. Dolní kogenerační systém

U tohoto systému je primární výroba elektrické energie. Užitečná tepelná energie se získává z odpadního tepla motoru a z tepla odcházejících výfukových spalin. Kogenerační jednotka tak vyrábí levně elektrickou energii a zároveň dodává teplo v parametrech pro teplovodní vytápění. V praxi nacházejí větší uplatnění právě dolní kogenerační systémy.



Obr. 2 Princip kogenerační jednotky [7], upraveno autorem

4.2. Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou vysoce sofistikovaná technologická zařízení, jejichž cílem je efektivní výroba elektrické a tepelné energie. Jednotky mohou sestávat z následujících částí.

4.2.1. Zařízení pro úpravu primárního zdroje

Zařízením pro úpravu primárního zdroje energie rozumíme zařízení, které upravuje parametry vstupní formy energie na hodnoty, se kterými může pracovat primární jednotka, kterou je v nejběžnějších případech motor.

Jedná se především o zušlechťování paliva, kdy chceme dosáhnout zvýšení energie v jednotce paliva, dále se sem řadí úpravy prvkového složení paliva, při kterém chceme měnit hodnoty jednotlivých složek paliva. V neposlední řadě se jedná o úpravy podmínek pro použití, kdy se zabezpečují vhodné podmínky pro dopravu paliva.

4.2.2. Primární jednotka

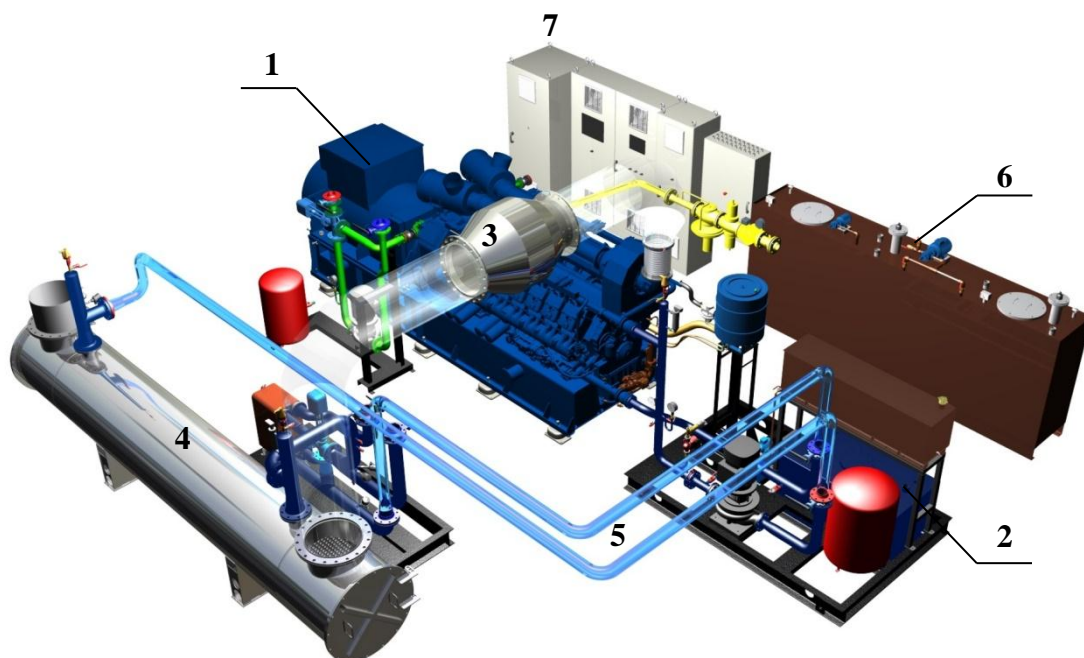
V primární jednotce dochází k přeměně energie obsažené v palivu na ušlechtlejší formu energie. Primární jednotkou pro jednotlivé způsoby transformace může být tepelný motor nebo palivový článek. Motor si většina z nás umí představit, palivový článek zřejmě nikoli. Výroba elektřiny a tepla palivovými články je založena na principu chemické reakce plynu s okysličovadlem v tzv. palivovém článku tvořeném vhodnými elektrodami a elektrolytem. Použití palivových článků místo motoru umožňuje dosažení vyšší účinnosti, minimální emise škodlivin a téměř bezhlučný provoz. Nevýhodou ovšem je ekonomická náročnost pro komerční využití [8]. Nejvhodnějším palivem pro články je vodík či zemní plyn. Dominantním palivem pro pohon konvenčních kogeneračních jednotek je zemní plyn, v poslední době však roste počet zařízení využívajících bioplyn, skládkový plyn či kalový plyn.

4.2.3. Zařízení pro výrobu a úpravu elektrické energie

Zařízení pro výrobu a úpravu elektrické energie může být tvořeno elektrickým generátorem, který přeměňuje mechanickou energii na elektrickou, případně i měničem. U palivových článků je vyráběn stejnosměrný elektrický proud, pro dodávku vyrobené elektřiny do sítě je tedy měnič nutný.

4.2.4. Zařízení pro rekuperaci tepelné energie

Toto zařízení transformuje odváděný tepelný výkon na požadované parametry. Nejběžnějšími teplotními médii vystupujícími z rekuperačních výměníků jsou nízkoteplotní voda (do 100°C), vysokoteplotní voda (150 – 200°C), vodní pára či teplý vzduch. Je možné také využívat tepelnou energii látek tepelného oběhu bez rekuperace.



- 1...Motorgenerátor – obvykle plynový motor a generátor
- 2...Modul primárního okruhu – vyvedení tepelného výkonu motoru
- 3...Katalyzátor a propojovací potrubí mezi motorem a spalínovým výměníkem
- 4...Tepelný modul – využití tepelné energie spalin, vyvedení tep. výkonu do okruhu
- 5...Propojovací potrubí modulu primárního okruhu a tepelného modulu
- 6...Olejové hospodářství – zajišťuje dostatečné množství oleje
- 7...Silový rozvaděč – vyvedení výkonu generátoru a připojení k rozvodné síti

Obr. 3 Modulové uspořádání kogenerační jednotky [9], upraveno autorem

5. Trigenerace

Po velkém úspěchu a rozšíření využívání kogeneračních jednotek pro výrobu elektrické a tepelné energie přichází na řadu další, vylepšený způsob pro co nejefektivnější využití paliva.

Už ze samotného pojmu trigenerace je patrné, že se jedná o výrobu tří složek. V tomto případě se k výrobě elektřiny a tepla přidává ještě výroba chladu. Z technologického hlediska se jedná o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou.

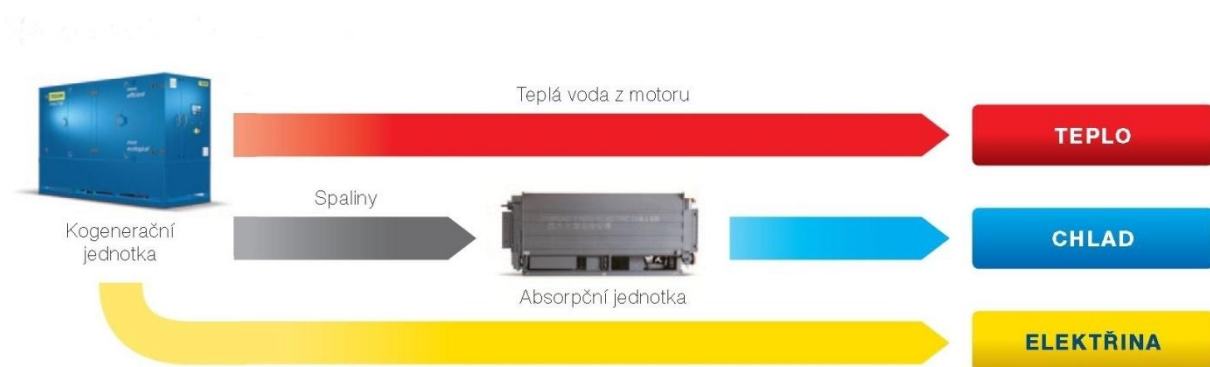
Technologie trigenerace nachází uplatnění např. v administrativních budovách, v objektech nemocnic či v potravinářském průmyslu. V našich podmínkách je charakteristická pro zimu vysoká spotřeba tepla pro vytápění a opačná situace nastává v létě, kdy je zvýšená spotřeba elektrické energie pro chlazení. Pokud tedy potřebné objekty vybavíme třígenerační jednotkou, máme v zimním provozu zajištěnou dodávku elektrické energie a tepla, které slouží k vytápění. Při letním provozu, kdy lze teplo

využít pouze k přípravě teplé vody, se přebytečné teplo využívá k výrobě chladu právě pomocí absorpční jednotky, jež je schopná toto jinak nevyužité teplo přeměnit na chlad. Trigenerační jednotky jsou dostupné ve dvou typech, které jsou znázorněny na obr.3 a obr. 4



Obr. 4 Kogenerační jednotka – typ A [10]

Trigenerační jednotka typu A je vhodná pro provoz s potřebou vytápět v zimě a chladit v létě. Teplá voda z motoru a spalín jde přes elektronicky řízený třicestný ventil, který umožňuje plynulou regulaci výstupu tepla určeného buď pro vytápění nebo chlazení.



Obr. 5 Trigenerační jednotka – typ B [10]

U trigenerační jednotky typu B je teplá voda z motorového okruhu určená pouze pro vytápění. Díky vyšší teplotě spalín se zvyšuje účinnost absorpčního chlazení a tento typ jednotek je tedy vhodný pro objekty či provozy, ve kterých je souběžná spotřeba tepla a chladu.

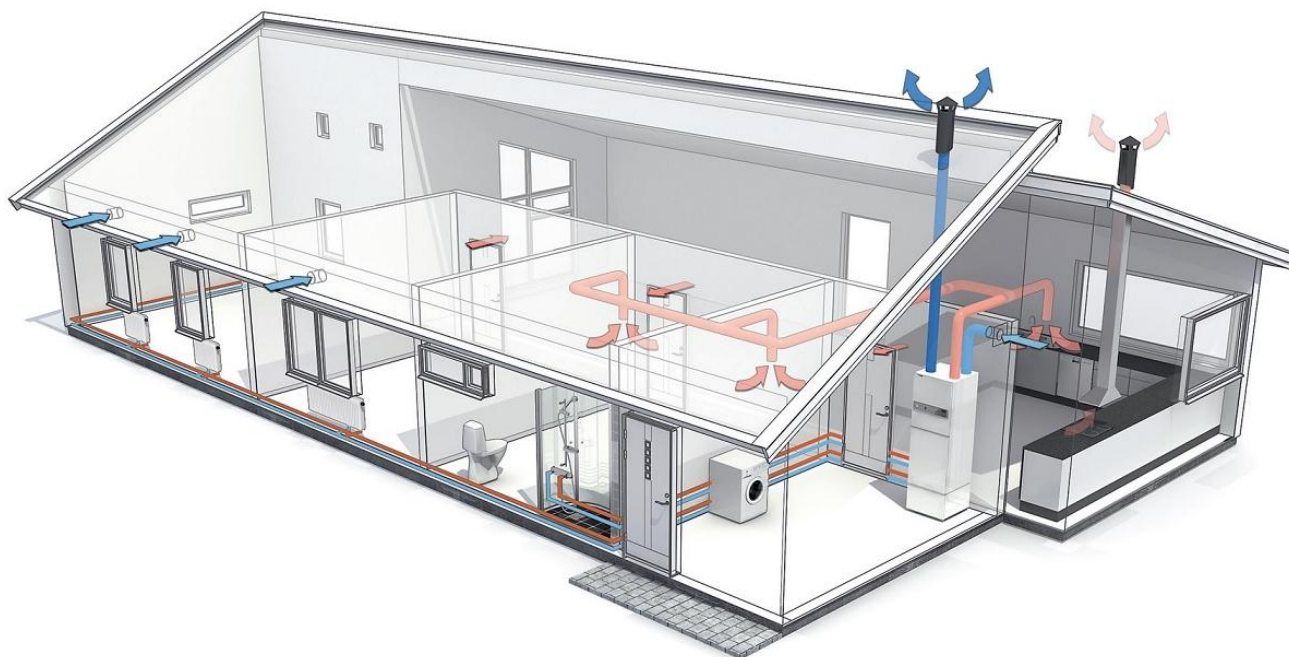
K trigeneraci je třeba závěrem dodat a uvědomit si, že tyto jednotky při správném navržutí pracují po celý rok téměř nepřetržitě, což je z ekonomické stránky výhoda oproti běžným zdrojům tepla, které obvykle pracují pouze určitou část roku.

6. Tepelná čerpadla

V teoretické části mé bakalářské práce jsem se zabýval kompresorovými tepelnými čerpadly. Tato zařízení dokáží využívat nízkopotencionální zdroje tepla a následně toto teplo přecerpat z nižší teplotní hladiny na vyšší, již využitelnou hladinu.

6.1. Kompresorová

U čerpadel typu země/voda, voda/voda nelze hovořit o využívání odpadního tepla. Situace se ovšem změní, pokud přijde na řadu tepelné kompresorové čerpadlo vzduch/voda. Zařízení může využívat tepelnou energii z odpadního (odvětrávacího) vzduchu a z určité procentuální části zajišťovat přípravu teplé vody či vytápění. Ventilátor nasává vzduch z místností, vzniká mírný podtlak způsobující, že je do těchto místností nasáván vzduch z ostatních místností. Prostřednictvím ventilů v obvodových zdech je nasáván venkovní vzduch, díky čemuž je zajištěno větrání všech místností v domě.



Obr. 6 Tepelné čerpadlo vzduch/voda využívající odpadní vzduch [11]

Kompletní tepelná čerpadla jsou nabízena v různých provedeních, kdy mohou dle typu zajišťovat vytápění, přípravu teplé vody, větrání a recyklaci vzduchu. Vhodná jsou pro domy s plochou do 200 m². Zařízení je kompaktní a má vestavěno elektrický kotel.

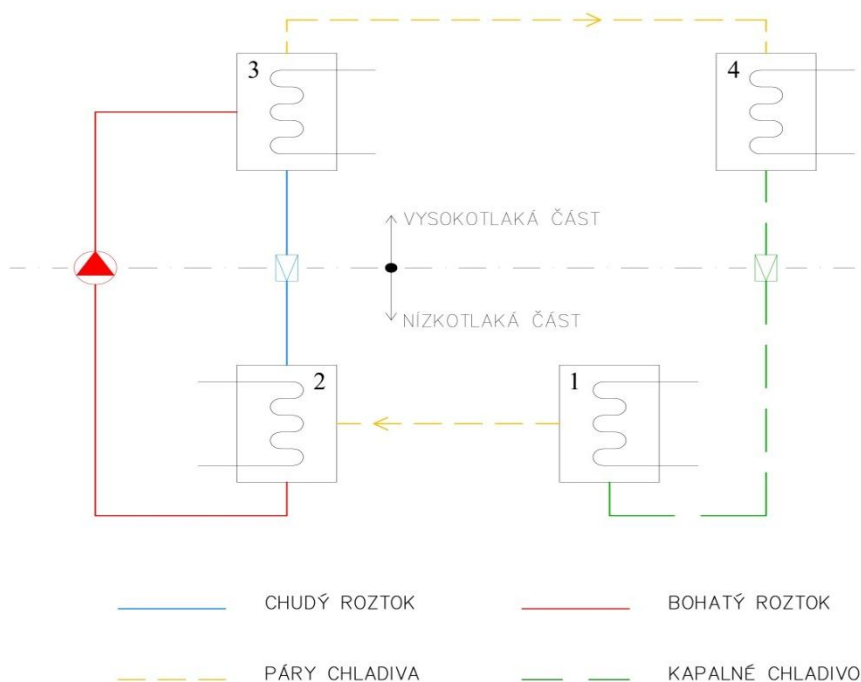
Na rozdíl od typických kompresorových čerpadel je v tomto případě použitým chladivem R290 (propan) či chladivo R134a [11].

Existují ovšem i jiné druhy tepelných čerpadel, která využívají také odpadní teplo, ale trochu jiným způsobem.

6.2. Absorpční

Oproti kompresorovým tepelným čerpadlům se liší tím, že pro vytvoření použitelné teplotní hladiny mohou, mimo jiné, využívat odpadní teplo namísto obvykle elektrinou poháněných kompresorů.

V absorpčním oběhu koluje **chladivo**, nejčastěji čpavek či voda a **absorbent**, kterým může být voda nebo bromid lithný. Odpařené páry odcházející z výparníku (1) jsou za nízkého tlaku pohlcovány v absorbéru (2) do kapalné absorpční látky. Vzniklá kapalná směs (bohatý roztok) se čerpadlem dopraví do části oběhu s vyšším pracovním tlakem. V zařízení zvaném generátor (3), někdy též desorbér, dojde k vypuzení par chladiva z absorpční kapaliny. Oddělenou větví se z vysokotlaké části oběhu vrací přes škrtící ventil do nízkotlaké části absorpční kapalina prosta vypuzeného chladiva (chudý roztok). Páry dále putují do kondenzátoru (4), kde dojde k předání tepla a jejich kondenzaci. Chladivo, nyní již opět v kapalné podobě, prochází přes expanzní ventil do výparníku. Zde vlivem snížení tlaku a odnímání tepla ochlazované látky dochází k varu chladiva, jehož páry putují do absorbéru a uzavírají tak pracovní oběh.

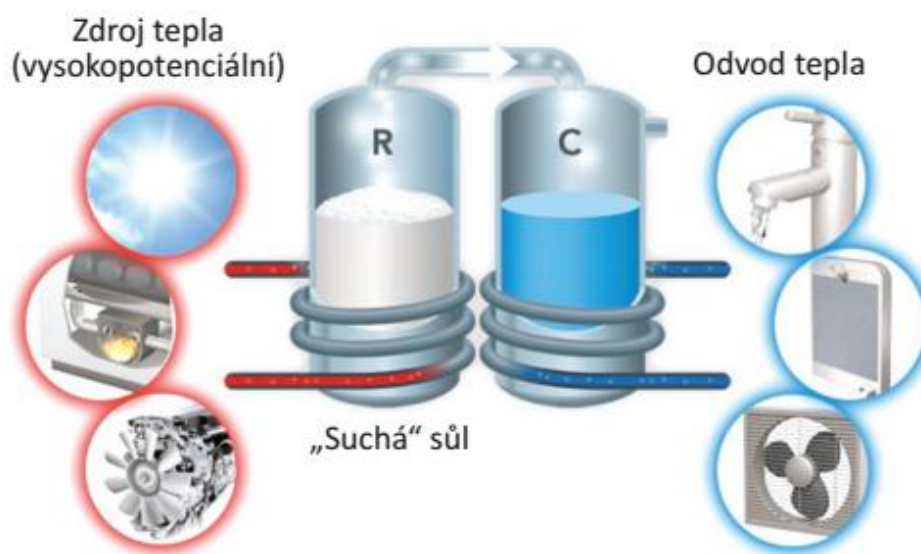


Obr. 7 Absorpční oběh [autor]

Generátor pro svůj chod potřebuje hnací tepelnou energii, která je buď dodávána za pomoci integrovaných plynových hořáků, pak hovoříme o přímo vytápěném absorpčním oběhu nebo přes teplosměnné plochy ohřívané horkou vodou nebo parou, zde hovoříme o nepřímém vytápěném absorpčním oběhu [12]. Minimální teplota hnací tepelné energie se uvádí 88°C, se zvyšující se teplotou hnací energie se zefektivňuje provoz tepelného čerpadla a tím roste i jeho topný faktor. Ve srovnání s kompresorovými tepelnými čerpadly se zde topný faktor pohybuje okolo hodnoty 1. Z tohoto faktu je logické, že využití má smysl pouze tehdy, pokud máme zdroj tepla, který nelze dále ekonomicky využít. Hovoříme například o letním provozu při aplikaci solárních systémů, kdy výroba tepla je mnohonásobně vyšší než jeho spotřeba, dále jde o využití odpadního tepla z průmyslových či potravinářských objektů.

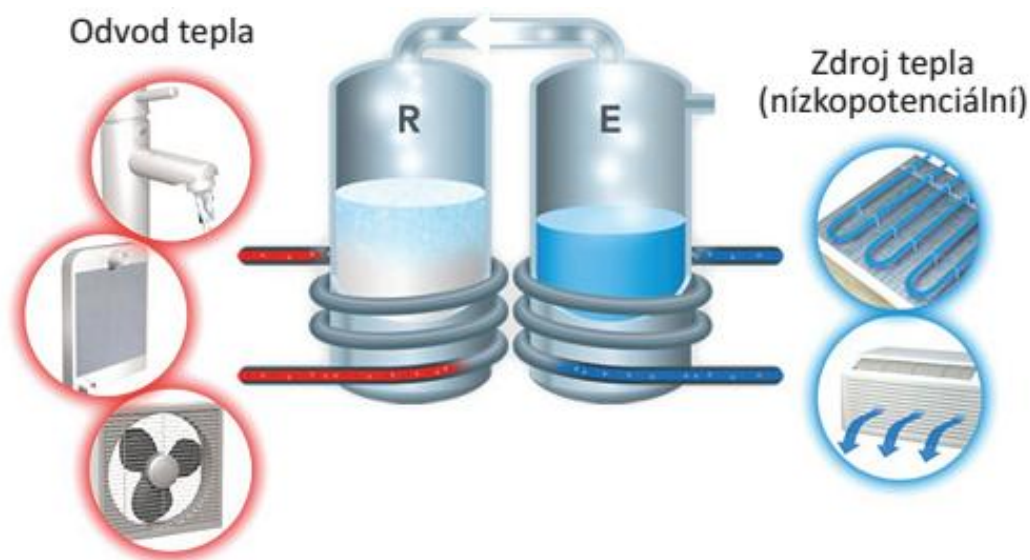
6.3. Chemická absorpční

Zvláštní typ chemického absorpčního tepelného čerpadla byl nedávno uveden na švédský trh. Zařízení využívá pouze dvojice výměníků, přičemž jeden funguje jako reaktor a druhý plní funkci výparníku i kondenzátoru. Pracovním médiem je směs vody a solí udržovaných ve vakuu. Ohřevem reaktoru za pomoci vysokopotencionálního tepla (hořák na zemní plyn, solární kolektory, odpadní teplo) se oddělí kapalina od soli, aby posléze zkondenzovala za pomoci přívodu nízkopotencionálního tepla (venkovní vzduch) v druhé nádobě pracující v režimu kondenzátoru.



Obr. 8 Chemické AČ – kondenzátor [13]

Následně se za pomoci přívodu nízkopotencionálního tepla kapalina v kondenzátoru pracujícího nyní jako výparník odpaří a poté teplo předá v druhém reaktoru na vyšší teplotní úrovni opětovnou absorpcí do soli [13].



Obr. 9 Chemické AČ – výparník [13]

Pro shrnutí tématu absorpčních tepelných čerpadel je třeba dodat, že se tato zařízení používají pro vytápění či chlazení objektů. Jejich předností je skutečnost, že nemají mechanicky pohyblivé komponenty a tudíž se prodlužuje jejich životnost a dále je díky absenci pohyblivých částí jejich chod velmi tichý. Jednou z nevýhod jsou použitá chladiva, kdy mezi záporné vlastnosti čpavku patří hořlavost, jedovatost a výbušnost, dále menší zastoupení v běžných domácnostech, kde dominantním zástupcem jsou čerpadla kompresorová. Omylem by bylo tvrzení, že absorpční čerpadla nepotřebují pro svůj provoz elektrickou energii. Stále se v zařízení nacházejí komponenty, např. čerpadlo přečerpávající bohatý roztok, řídicí jednotka apod., které pro svůj chod elektřinu potřebují.

7. Odpadní vody

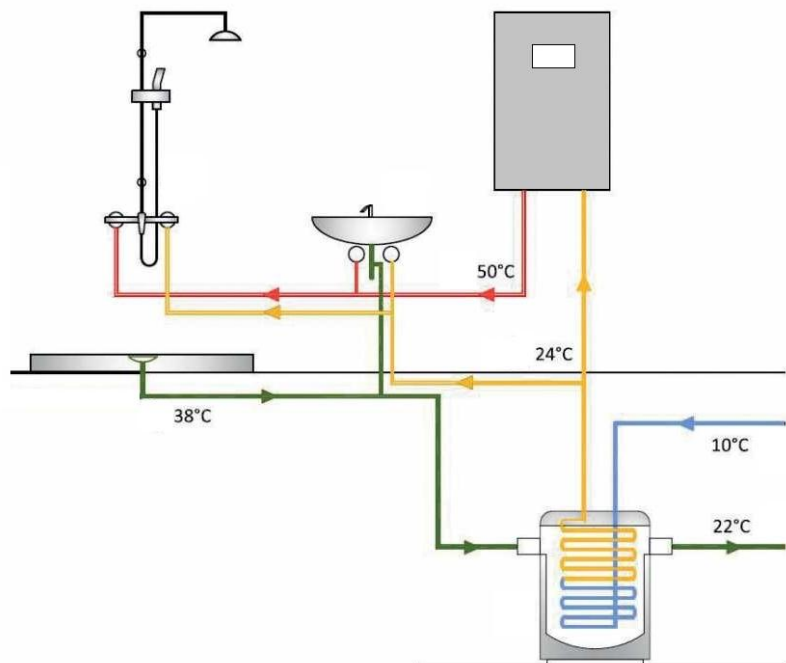
Odpadní voda končící v kanalizaci obsahuje velké množství energie – odpadního tepla.

Ze zařizovacích předmětů je vypouštěna znehodnocená odpadní voda, ať už šedá nebo černá, která nenávratně mizí ve spleti kanalizační sítě a na své cestě do čistírny odpadních vod zbytečně chladne až na teplotu okolního prostředí. V době jako je tato, kdy se apeluje na co nejefektivnější využívání zdrojů a na snižování emisí, přichází na řadu využívání těchto odpadních vod. Průměrná roční teplota těchto vod se pohybuje v rozmezí 10 až 25°C. Metoda přeměny odpadního tepla na užitečnou formu není tolik rozšířená jako např. používání plynového kotle, nicméně s postupným vývojem se určitě brzy stane standardem. Existují určité způsoby získávání tepla z odpadních vod, jež popíšu níže.

7.1. Teplo odebírané přímo v objektu

Pro využití odpadního tepla pro předehřev teplé vody se může navrhnout malý rekuperační systém, jehož hlavní částí je výměník tepla. U tohoto systému je hlavní výhodou absence tepelného čerpadla, což znamená, že není nutno dodávat a zajišťovat přísun elektrické energie pro jeho chod. Princip takovýchto zařízení je velice jednoduchý. Odevzdání tepla se děje přes teplosměnnou plochu výměníku, kdy je teplo předáváno protiproudem do studené vody. Samozřejmostí je, že čím vyšší bude teplota vypouštěné odpadní vody, tím účinnější bude ohřev přicházející studené vody.

Dalším možným řešením je přidání zásobníku s integrovaným výměníkem tepla. Tímto zásobníkem sloužícím jako akumulární nádrž proudí studená voda, která se průchodem předehřívá až na teplotu 25°C. Tato předehřátá voda se dopravuje do zásobníkového ohříváče, kde je běžným způsobem ohřáta na požadované parametry teplé vody. V případě, že se dosáhne maximální hladiny v akumulární nádrži, vypustí se splašková voda přes vypouštěcí otvor do kanalizace. Tato nádrž se umísťuje co nejbližší k zařizovacím předmětům a z důvodu snížení tepelných ztrát se tepelně izoluje. Výše dva popsané systémy najdou uplatnění v budovách se spotřebou teplé vody, jejich předností je absence tepelného čerpadla a snadnější realizace a nižší investiční náklady v porovnání s velkými systémy.



Obr. 10 Přeohřev pomocí odpadních vod, varianta se zásobníkem [14]

K systémům, které využívají odpadních vod přímo v objektu a nepotřebují pomoc tepelných čerpadel, se dále řadí možnost osadit výměník přímo do odpadního potrubí. Výměník je obvykle z měděného dvouplášťového potrubí. Vnitřní plášť tvoří hladké měděné potrubí, jímž odtéká odpadní voda. Vnější plášť výměníku tvoří buď spirála měděných potrubí ovinutých kolem vnitřního potrubí nebo další hladké měděné potrubí.



Obr. 11 Výměník tvořený hladkých potrubím nebo spirálou [15] [16]

Měděný výměník je protiproudý, ve vnitřním plášti proudí odpadní voda a odevzdává teplo přes teplosměnnou plochu do studené vody proudící ve vnějším plášti. Odpadní voda je přiváděna do potrubí přes tzv. rotátor, jenž způsobuje turbulentní proudění vody na stěně potrubí, čímž se zefektivňuje celkový výkon.

S rostoucí vzdáleností, kterou odpadní voda urazí, klesá teplota odpadních vod a tím možnost jejich využití. Z tohoto důvodu je nejvhodnější instalovat výměník tepla přímo pod zařizovací předměty. Výměníky se nedoporučují osazovat pod kuchyňskými dřezy, protože se z nich často odvádí odpadní voda s oleji [14], které se mohou usazovat na stěnách výměníku a tím snižovat jeho účinnost.

Velmi elegantním řešením využívání druhotného tepla z odpadních vod může být osazení speciální sprchové vaničky, pod kterou je nainstalován výměník tepla. Odpadní voda při sprchování odtéká otvorem na vypouklou měděnou desku, pod kterou se nachází měděný výměník ve tvaru spirály s délkou 20 m. Přes výměník proudí studená voda, jež je ohřívána teplem z odpadní vody. Teplosměnnou plochu tvoří plocha samotné desky a měděné spirály. Tyto výměníky tepla se doporučují instalovat do rodinných domů, plováren, tělocvičen apod. [17]



Obr. 12 Výměník sprchové vaničky [18]

Výše popsané systémy využívání odpadního tepla jsou prosty tepelného čerpadla. Jejich spektrum využití je velké a s postupem času si určitě tento způsob recyklace tepla bude nacházet své další spotřebitele. Mezi výhody těchto, řekněme malých, systémů patří absence potřeby elektrické energie na provoz, jednoduchý a nenáročný návrh a investice, která se zpočátku může zdát jako zápor, nicméně s postupem času a s ušetřenými financemi se změní v klad.

7.2. Teplo odebírané ze stokové sítě

Hlavními částmi, u tohoto způsobu získávání tepla, jsou výměník a tepelné čerpadlo. Také jsou důležité parametry odpadních vod, především optimální průtok, jenž by měl dosahovat 15 l/s a dále průměr potrubí, kterým odpadní voda proudí, by měl být minimálně DN 800 u již zbudovaných kanalizačních sítí. Už podle výše uvedených hodnot je jasné, že se jedná o hlavní kanalizační stoky, do kterých jsou svedeny skupiny objektů ať už obytné domy, hotely, bazény či objekty průmyslové výroby.

Správný návrh a realizace ovlivňují provoz a účinnost systémů, proto je třeba dbát na určité faktory, kterých je třeba se držet [19]:

- vzdálenost mezi spotřebitelem a umístěním systému by měla být co nejkratší z důvodu omezení tepelných ztrát
- teplota odpadních vod by měla být konstantní v celoročním rozmezí 10 až 15°C, čím vyšší teplota vod bude, tím vyšší účinnost a nižší nároky na tepelné čerpadlo
- průtok v kanalizační síti musí být minimálně 10 l/s. Průměr kanalizačního potrubí u nově budovaných sítí s již integrovanými výměníky činí DN 400
- systém využívá tepelných čerpadel, proto je třeba otopná soustava vhodná pro tato zařízení. Vysoké teplotní rozdíly soustav jsou nevhodné
- vyžaduje se minimální průtoková rychlost odpadních vod 1 m/s, a to z důvodu zabránění usazování nečistot a vytvoření biofilmu
- veličiny typu průtok, rychlost a teplota odpadních vod, dále nečistoty v úsecích kanalizační sítě, musí být stanoveny před návrhem. Nelze osadit recyklaci tepla v místech, kde nebyla provedena potřebná měření

7.2.1. Výměníky tepla vložené do kanalizačního potrubí

Prvky výměníku tepla je možné instalovat jak do nových, tak i do stávajících potrubí. Mohou se vložit do spodní části potrubí nebo k horní hraně, avšak v případě instalace k horní hraně je investice finančně náročnější, výhodou je ovšem snazší kontrola a revize. Teplo se odevzdává přes teplosměnnou plochu výměníku, pod kterým jsou umístěna tři potrubí (přívodní, vratné a rozdělovací) zabezpečující přenos tepla do tepelného čerpadla a do spotřebitelského systému, kterým může být otopný či chladič systém nebo příprava teplé vody. V tabulce 1 jsou shrnuty všechny důležité parametry pro vložené výměníky tepla.



Obr. 13 Výměníky vložené do kanalizačního potrubí [20] [21]

Tab.1 Technické parametry k vloženým výměníkům, data z [22]

Materiál výměníku	nerez
Materiál potrubí	nerez nebo PE
Délka segmentu	1 - 3 metry
Oblast využití	vytápění, chlazení
Průměr potrubí [mm]	Tepelný výkon - vytápění kW/m]
1200	3,2
1400	3,7
1600	4,2
1800	4,8
2000	5,3
* předpokladem je teplota odpadních vod 13°C a teplota přicházející studené vody 6°C	

7.2.2. Výměníky integrované do stěny kanalizačního potrubí

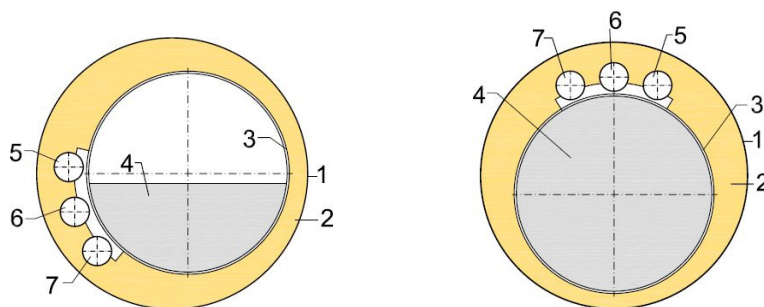
Toto řešení je vhodné při výměnách nebo při budování nových kanalizačních sítí. Výhodou je rychlá výstavba, kdy jsou prefabrikované dílce pouze pokládány do země a fakt, že u těchto dílců výměník neubírá z průměru kanalizačního potrubí. Povrch výměníků tepla může být profilovaný. Různé výstupky způsobují turbulentní proudění a tím zvyšují přenos tepla.



Obr. 14 Integrované výměníky tepla do stěny potrubí [23]

7.2.3. Předizolované kanalizační potrubí

Teplosměnnou plochu u těchto výměníků tvoří samostatné dvouplášťové kanalizační potrubí, které odevzdává teplo distribučnímu potrubí instalovanému v tepelné izolaci. Stejně jako u předešlého systému, tak i tento typ lze použít pouze pro budování nových, či pro výměnu starých potrubních systémů. Kanalizační potrubí je tvořeno dvouplášťovým ocelovým potrubím z profilovaného plechu. Materiál distribučních potrubí je z korozivzdorné oceli a izolace potrubí je z polyuretanu. Tato izolační vrstva zabezpečuje co možná nejúčinnější přenos tepla mezi odpadní a studenou vodou v distribučním potrubí a zároveň minimalizuje tepelné ztráty. Tento systém je vhodný pro gravitační i tlakové systémy.



1...vnější plášť PE 2...tepelná izolace 3...výměník tepla 4...odpadní voda
5...výstup ohřáté vody 6...rozdělovací potrubí 7...přívod studené vody

Obr. 15 Předizolované kanalizační potrubí pro gravitační a tlakový systém [19]

U gravitačních systémů jsou distribuční potrubí umístěna na boku ocelového kanalizačního potrubí sloužícího jako výměník, při variantě tlakového systému se distribuční potrubí umísťuje k horní hraně. To, jak vypadá předizolované potrubí, můžete vidět na obrázku 15. Přenos tepla a tepelný výkon výměníku závisí na průtoku a teplotě odpadní vody. Některé parametry lze vypočítat z tab. 2.

Tab. 2 Technické parametry k předizolovaným kanalizačním potrubím, data z [22]

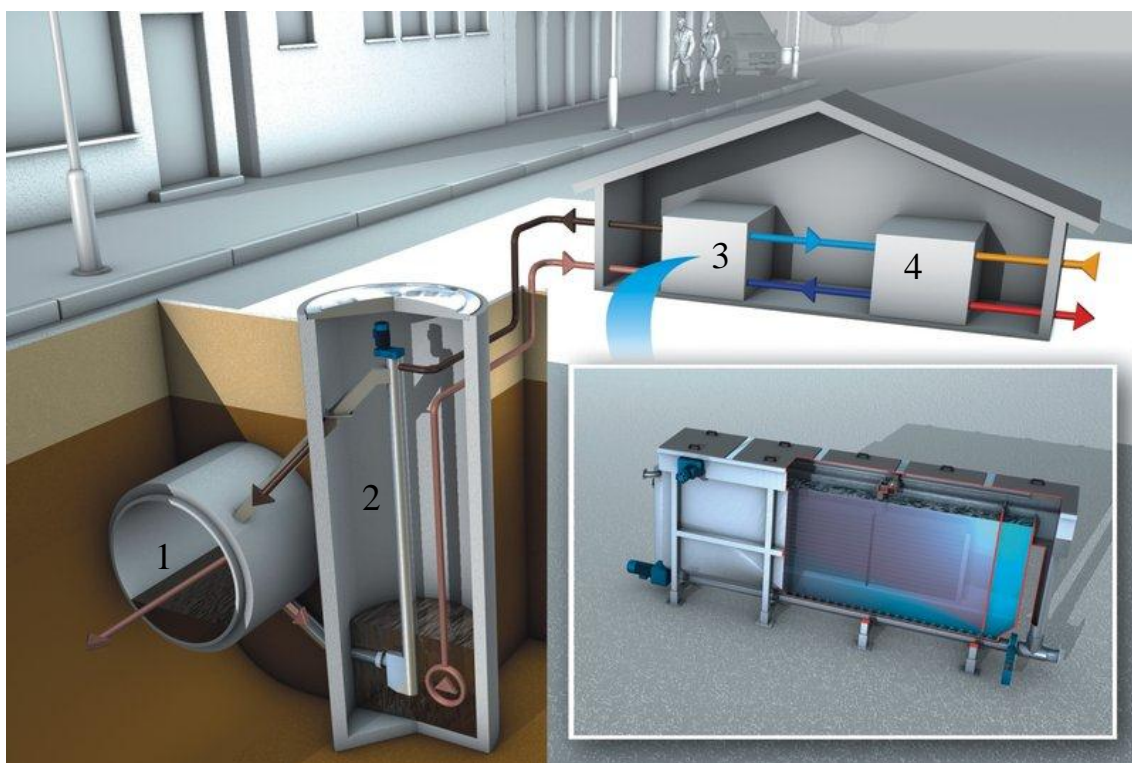
Materiál výměníku	nerez	
Materiál pláště	tepelná izolace, obal z PE	
Délka segmentu	2 - 6 metru	
Oblast využití	kanalizace	
Průměr potrubí [mm]	Tepelný výkon - vytápění [kW/m]	
	Gravitační systém	Tlakový systém
200	0,6	1,6
400	1,1	3,2
600	1,6	4,8
800	2,1	6,3
1200	3,2	-
* předpokladem je teplota odpadních vod 13°C a teplota přicházející studené vody 6°C		



Obr. 16 Předizolované kanalizační potrubí určené pro gravitační systém [19]

7.2.4. Odběrné šachty

Prostřednictvím odběrné šachty proudí část odpadní vody z kanalizace do systému, kde jsou z vod odstraňovány hrubé nečistoty. Předčištěná odpadní voda je následně čerpána skrze na povrchu umístěný tepelný výměník. Ve výměníku je tepelná energie přenesena do čistého teplotnosného média (obvykle voda), které přenáší energii do tepelného čerpadla. Ochlazená odpadní voda odtéká zpět do kanalizace a splachuje s sebou shrabky z předčišťování. Kritérii pro návrh jsou průtok odpadní vody 5 l/s a teplota vody neklesající pod 10°C. Mezi výhody takovýchto systémů lze zařadit nezávislost na průřezu stoky, rychlou a snadnou instalaci a omezování emisí.



- | | |
|---------------------|---|
| 1...kanalizace | 2...šachta s mechanickým předčištěním a čerpadlem |
| 3...tepelný výměník | 4...tepelné čerpadlo |

Obr. 17 Odběrná šachta [24], upraveno autorem

8. Organický Rankinův cyklus (ORC)

Nejprve zmíním trochu historie. Obor termodynamiky založil kromě pana Williama Thomsona také panové *William John Macquorn Rankine* a *Rudolf Clausius*.

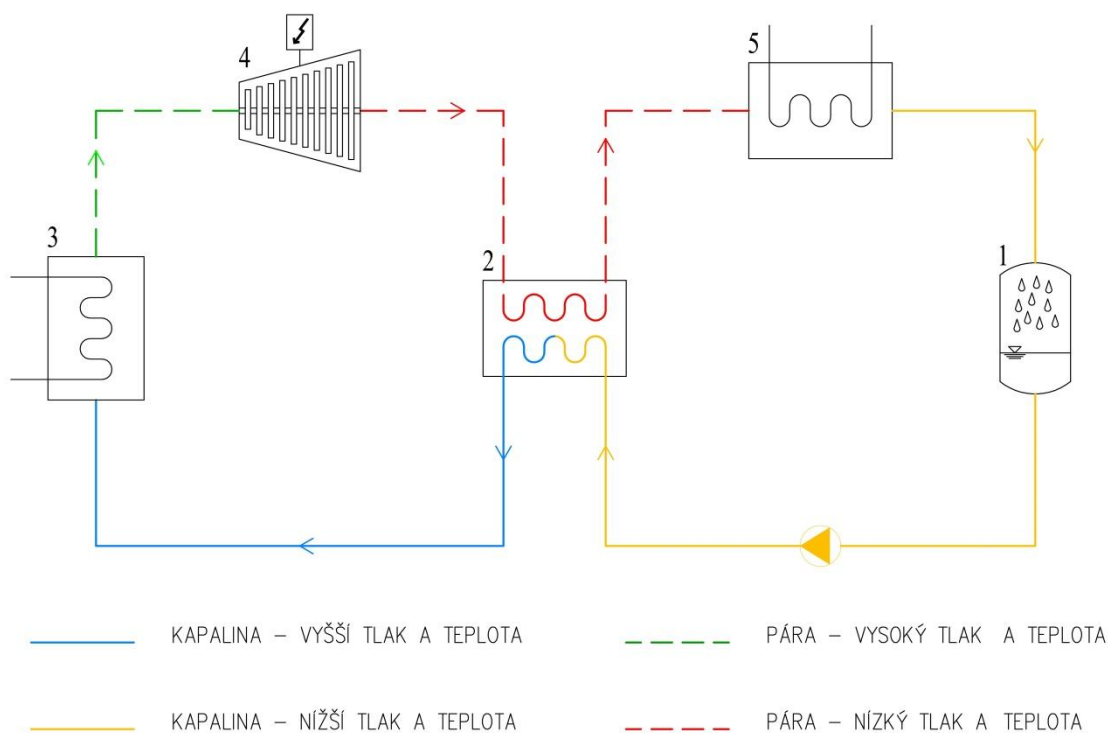
Po posledních dvou zmiňovaných je pojmenován uzavřený oběh, dnes známý jako Clausius – Rankinův parní cyklus (někdy pouze Rankinův cyklus).

Jde o oběh sestávající z ohřevu vody na teplotu varu, vypařování vody, ohřevu páry na pracovní teplotu a expanzi páry v turbíně. Oběh se uzavírá dějem, kdy pára kondenzuje zpět na vodu.

Organický Rankinův cyklus je pouze modifikací výše popsaného cyklu. Navzájem se od sebe liší pouze pracovním médiem, kdy se u ORC využívá organické kapaliny, jakou je například silikonový olej. Výhodou silikonového oleje oproti vodě je jeho nižší odpařovací teplota při pracovních tlacích. Z toho vyplývá, že díky oleji můžeme provozovat zařízení již kolem teploty 130°C a využít tedy odpadního tepla, získaného například z kogeneračních jednotek využívaných u bioplynových stanic, dále můžeme využívat druhotnou energii obsaženou ve spalínách či teplo z průmyslových procesů, jakým je např. sušení. Možností je i využití geotermální energie a ve výjimečných případech také solární energie.

8.1. Princip ORC

Pracovní látka, kterou je silikonový olej, se na začátku cyklu nachází v kapalném stavu v nádrži (1), odkud je čerpána do ekonomizéru (2). Tam dochází k předehřevu nízkotlakou parou vystupující z turbíny. Dále silikonový olej vstupuje do výparníku (3), kde dochází k vypařování a vyvíjení silikonové páry. Děje se tak kvůli předávání tepla z odpadního tepla do pracovní látky. Páry oleje proudí přes separátor, sloužící k odstranění kapiček z proudícího plynu, do turbíny, kde expandují. Na turbíně dochází k přeměně přivedené energie proudící páry na energii mechanickou, která se následně na generátoru (4), jenž je spojen s turbínou, transformuje na energii elektrickou. Generované napětí není stejné jako napětí sítě a také frekvence se liší. Z tohoto důvodu je v obvodu instalovaný usměrňovač [25]. Nyní již nízkotlaká pára je vedena přes ekonomizér (2) do kondenzátoru (5), kde zkondenzuje a celý cyklus tak může začít znovu.



Obr. 18 Popis funkce ORC [autor]

8.2. Bioplynové stanice

S tímto pojmem se každý, kdo se zajímá o obnovitelné zdroje, jistě setkal. Bioplynové stanice jsou zařízení, která vyrábějí bioplyn, následně elektrickou a tepelnou energii.

Celý proces je postaven na rozkladu organické hmoty bez přístupu kyslíku díky působení bakterií, kvasinek či hub. Jedná se o proces, který je v přírodě běžný a děje se např. v rašeliništích, na dně jezer či v trávicím traktu přežvýkavců. Výroba bioplynu probíhá v hlavní části bioplynové stanice nazývaném fermentor. V tomto zařízení se zředěná a rozmělněná organická masa promíchává a zahřívá na teplotu zhruba 42°C. Dochází k rozkladným procesům a produkci bioplynu, jenž následně putuje do plynojemu, kde se dále upravuje a čistí [26]. Bioplyn je dále využíván kogeneračními jednotkami, které plyn spalují a následně z něj vyrábějí elektrickou a tepelnou energii.

Problém ovšem nastane v případě, když odpadní teplo z motoru a ze spalínového okruhu jednotek nenajde uplatnění. Jednotka tak vyrobí elektrickou energii, ale teplem je mrháno a je tedy bez využití odváděno do okolí. Dalším případem může být, že se alespoň teplo z motoru kogeneračních jednotek využívá k vytápění budov přilehlých k bioplynové stanici. Zajímavým řešením může být napojení zařízení ORC na výfukové

potrubí motoru [27]. Výfukové plyny (spaliny) mají teplotu až 450°C, což je vhodný parametr pro chod ORC jednotky. Celý cyklus bioplynové stanice pak vypadá následovně. Po vyrobení bioplynu dochází k jeho spalování v kogeneračních jednotkách. Ty vyrobí elektrickou energii, odpadní teplo z motoru může vytápět bioplynovou stanici, fermentory či přilehlé budovy. Teplo ze spalin je směřováno do ORC jednotek, dochází k uvolňování silikonových par, ty pohánají turbínu generátoru, který produkuje další elektrickou energii. Teplo z chladicího okruhu ORC jednotky může být dále využito pro napojení sušáren bioplynových stanic, sloužících k sušení digestátu, což je odpadní produkt vznikající ve fermentorech, používaný jako hnojivo.



Obr. 19 ORC jednotka [28]

Se zajímavým nápadem přišli v Třeboni, kde zprovoznili první bioplynovod [26]. Jelikož by nespotřebovali veškeré množství tepla, rozhodli se, že ještě před vstupem bioplynu do kogeneračních jednotek budou plyn pomocí potrubí dodávat do bioteplárny treboňských lázní, kde najde své využití k vytápění, ohřevu užitkové vody či bazénů.

U ORC systémů jsem se zaměřil především na bioplynové stanice jakožto zdroj energie. Je potřeba však dodat, že pro pohon ORC jednotek lze využít i jiné zdroje, např. odpadní teplo z chemických procesů, nevyužité teplo z hutních procesů atd.

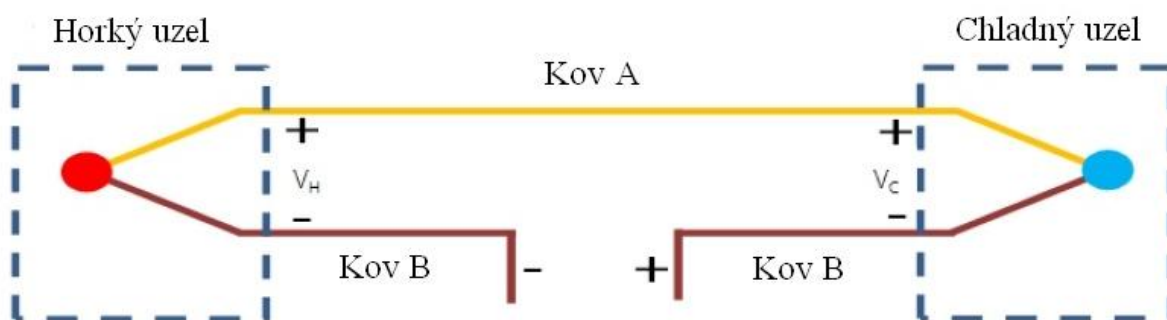
9. Termoelektrické jevy

O termoelektrickém jevu hovoříme, pokud při teplotním rozdílu vzniká elektrický proud nebo pokud při průchodu elektrického proudu dochází k teplotní diferencí. Zařízení využívající tyto jevy byla popsána již v první polovině 19. století. V roce 1860 byl zkonstruován plynový termoelektrický generátor. První komerčně využívaný generátor byl uveden ve Velké Británii v roce 1925 a napájel rozhlasové přijímače [29]. Účinnost takového zařízení byla menší než 1%.

9.1. Seebeckův jev

Jako Seebeckův jev je označována přeměna teplotních rozdílů dvou různých kovů na elektrické napětí.

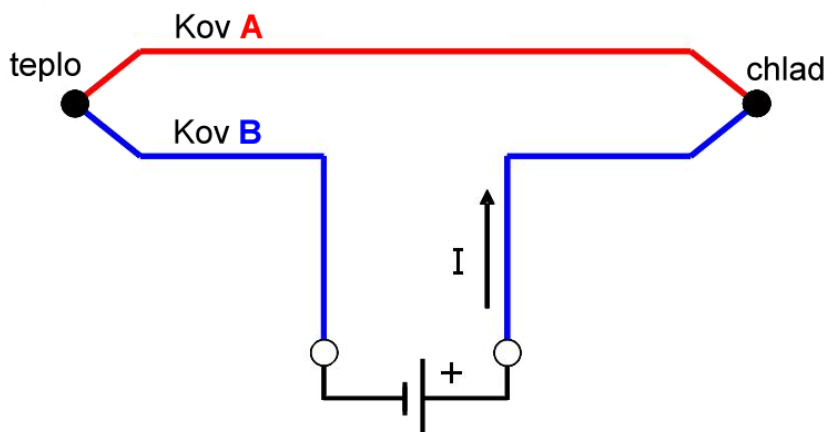
Thomas Johann Seebeck patřil k vynikajícím experimentálním fyzikům první poloviny devatenáctého století. V roce 1821 se zasloužil o objev termoelektřiny, když zkoumal vliv tepla na galvanické uspořádání kovů. Spojil do oblouku tvarovaný drát z bismutu s podobně tvarovaným drátem z mědi a vytvořil smyčku. Když nejprve podržel jeden ze spojů bismut – měď v ruce, všiml si, že se magnetická jehla umístěná uvnitř smyčky pohnula. Experiment dále opakoval cíleným zahříváním spojů [30].



Obr. 20 Seebeckův jev [31]

9.2. Peltierův jev

Roku 1834 objevil francouzský fyzik Jean Charles Athanase Peltier jev inverzní k jevu Seebeckovu. Pokud tedy elektrický proud prochází obvodem se dvěma rozdílnými kovy, jedna ze styčných ploch se ochlazuje a druhá zahřívá.



Obr. 21 Peltierův jev [32]

9.3. Využití termoelektrických jevů

Účinnost zařízení využívající termoelektrické jevy je velmi malá, a proto je pro ně vhodným zdrojem odpadní teplo z dopravy a energetického průmyslu, které by se jinak nevyužilo. Automobilový průmysl, potažmo doprava, je pro využití termoelektriny perspektivní oblast. Cílem termoelektrických generátorů je využít energii spalín. V předchozích letech dále vzniklo množství pokusných termoelektrických generátorů, jejichž cílem bylo ověřit možnosti autonomního provozu malých spalovacích zařízení, resp. krytí jejich spotřeby elektrické energie termoelektrinou vyrobenou z odpadního tepla [29].

Uplatnění technologií, využívajících termoelektrických jevů je široké. Výkony běžných termoelektrických generátorů se pohybují v rozmezí miliwattů až desítek kilowattů. Zařízení se používají v detektorech, senzorech, ke chlazení součástek či krevní plasmy, dále v zařízeních využívaných ve vesmíru či v odvětví avioniky. Je otázkou, zda se do budoucna zařízení, využívající termoelektrických jevů, masově rozšíří. Kvůli malé účinnosti je možné, že se budou používat jen v místech, kde není jiná možnost výroby elektrické energie, či najdou uplatnění jako náhrada alternátorů v automobilech.

10. Elektrárny

Dostáváme se od malých zařízení k monstrům, která vyrábějí a zásobují elektrickou energií celá města. Ať už jaderná či uhelná elektrárna jsou založeny na stejném principu přeměny energie tepelné v mechanickou a následně v elektrickou. V jaderných elektrárnách vzniká teplo řízenou reakcí při štěpení jader uranu, v uhelných vzniká spalováním uhlí. V reaktoru či kotli dochází ke štěpení uranu či spalování uhlí, následně se uvolňuje velké množství energie. V primárním okruhu proudí voda a díky teplu se mění v páru. Pára je hnána na turbínu, ta pohání generátor, který mění mechanickou energii rotace na energii elektrickou. Pára dále z turbíny putuje do kondenzátoru, tam se ochlazuje a mění se na vodu.

Aby pára mohla kondenzovat, je třeba její teplo někam odvést. K tomu účelu slouží chladicí okruh, jenž je z hlediska využití odpadního tepla velice důležitý, a následně chladicí věže, které jsou v krajině díky své výšce na první pohled patrné. V chladicích věžích se odparem v proudícím vzduchu ochlazuje voda a do ovzduší z nich pak uniká vodní pára (JE Temelín – odpar z jedné věže 413 l/s) nebo kouřové plyny.



Obr. 22 Chladicí věže JE Temelín – uniká vodní pára [33]

Při plánování jaderné elektrárny Temelín se uvažovalo o řadě možností, jak využít odpadní teplo tvořící většinu celkového výkonu elektrárny. Jednou z možností bylo využití tepla pro zemědělství, rybníkářství či vytápění řady okolních obcí, především části Českých Budějovic. Dospělo se však k názoru, že okolí Temelína není příliš vhodné pro využití odpadního tepla k vytápění, a to kvůli nízké hustotě osídlení [34].

V roce 2010 se znovu otevřelo projednávání využití odpadního tepla pro dodávky do Českých Budějovic. Vedla se intenzivní jednání mezi společností ČEZ a radnicí města. Dokonce byla stanovena konkrétní trasa horkovodu. Přivedení odpadního tepla z JE Temelín do městské teplotárenské sítě by kromě úspor přineslo zároveň zlepšení životního prostředí [35]. Zvrat nastal už v roce 2013, kdy se minimálně o 7 let výstavba horkovodu odložila. Hlavním důvodem bylo, že projekt v hodnotě 2 miliard korun není pro místní teplárnu ekonomicky výhodný. Horkovod, využívající odpadní teplo elektrárny, měl zásobovat teplem tři českobudějovická sídliště, což je zhruba 15 tisíc bytů [36], stabilizovat ceny tepla tohoto krajského města a budějovické teplárně ušetřit 100 tisíc tun spáleného hnědého uhlí.



Obr. 23 Teplárna v Českých Budějovicích z ekonomických důvodů odpadním teplem z JE Temelín zásobována nebude minimálně do roku 2020

11. Závěr

V deseti kapitolách jsem se zabýval odpadním teplem a jeho možným využitím. Po dopsání mám hořký pocit, že vše se vyhodnocuje a stojí pouze na ekonomickém užitku. Víze do budoucnosti ve většině případů chybí a prim hraje pouze mamon. S odpadním teplem je to trochu jako s výplatou. Jako kdyby zaměstnanec měsíčně dostával 20 tisíc korun platu a z toho 10 tisíc vyhazoval. Rozumný člověk si vše ponechá, protože ví, že situace se za pár let změní a peníze potřebovat bude. S energiemi je to stejné. Na planetě Zemi je velká nádrž s nerostným bohatstvím, která ovšem není bezedná a jednoho dne dojde.

Rozumný člověk se na to připraví a utlumí dopady. Hloupý člověk bude těžit a plundrovat s vidinou zisku, s úsměvem na tváři a zastáváje rčení „po mně potopa“. Mrhat odpadním teplem je krátkozraké řešení, které se nedá obhajovat tím, že nemá ekonomický užitek. Do budoucna doufám, že stále bude zesilovat tlak států a politik světa, kteří budou tlačit na snižování emisí, tlačit na omezování těžby surovin a budou se více soustředit na obnovitelné zdroje a využívání odpadního tepla v co možná nejvyšší míře.

Naše chování a naše činy jsou zaměřeny pouze na věci, které na Konci ztrácejí smysl. Jako jediný druh na Zemi jsme obdařeni takovou inteligencí, abychom rozlišovali a chápali naše skutky, nicméně si zatím nikdo neuvědomil ten prostý fakt, že rubáš nemá kapsy.

12. Seznam použitých zdrojů

- [1] OPEC: Světová spotřeba energie do roku 2040 stoupne o 60 procent. *Finance.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/zpravy/finance/431532-opec-svetova-spotreba-energie-do-roku-2040-stoupne-o-60-procent/>
- [2] International Energy Statistics. *U.S. Energy Information Administration* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8
- [3] Monthly Electricity Statistics. *International energy agency* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.iea.org/statistics/relatedsurveys/monthlyelectricitysurvey/>
- [4] *Druhotné energetické zdroje* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: old.vscht.cz/ktt/studium/zdrene/7.0_Druhodon%E9_zdroje.pdf
- [5] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 281 s. ISBN 80-730-0118-7.
- [6] Jak funguje kogenerace. *TEDOM* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/jak-funguje-kogenerace.html>
- [7] Gas Engines - Cogeneration Solutions. *WSE Cogeneration* [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.solar-window.ca/cogen.php>
- [8] Kogenerace. *EkoWATT* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/kogenerace.shtml>
- [9] Kogenerační jednotky TEDOM. *TEDOM* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-provedeni.html>
- [10] Trigenerační jednotky. *TEDOM* [online]. [cit. 2015-06-17]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/trigeneracni-jednotky.html>
- [11] Ke stažení. *NIBE* [online]. [cit. 2015-06-17]. Dostupné z: www.nibe.cz/dwn/nibe-vzduch-voda-ventilacni-2009.pdf
- [12] POSPÍŠIL, Jiří a Jan FIEDLER. Systémy společné výroby elektrické energie, tepla a chladu. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/6519-systemy-spolecne-vyroby-elektricke-energie-tepla-a-chladu>
- [13] Nové technologie a aplikace tepelných čerpadel. *SEVEEn* [online]. [cit. 2015-06-17]. Dostupné z: <http://www.svn.cz/>

- [14] Využití odpadního tepla z vnitřní kanalizace pro předohřev teplé vody. *ABS-portal* [online]. [cit. 2015-06-17]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vnitri-kanalizace-pro-predohrev-teple-vody>
- [15] Récupérateur de chaleur des eaux domestiques, ventilation géothermique et chauffe-eau instantané ... que penser de ces nouvelles technologies ? (Contech 3). *Archibio* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://www.archibio.qc.ca/recup%C3%A9rateur-de-chaleur>
- [16] Recoh-vert. *Shower Save* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://shower-save.com/products/recoh-vert.html>
- [17] PERÁČKOVÁ, Jana, Veronika PODOBEKOVÁ. Jak využít teplo z kanalizace na přípravu teplé vody v budovách. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/11807-jak-vyuzit-teplo-z-kanalizace-na-pripravu-teple-vody-v-budovach>
- [18] Douche WTW. *Sidenso* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://www.sidenso.nl/producten/douchewater-wtw.html>
- [19] PERÁČKOVÁ, Jana a Veronika PODOBEKOVÁ. Možnosti využití tepla z vnějších kanalizačních systémů. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/11687-moznosti-vyuziti-tepla-z-vnejsich-kanalizacnich-systemu>
- [20] Così il tubo “recupera” il calore dalle acque reflue. *GT – Il Giornale del Termoidraulico* [online]. 2014 [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://www.ilgiornaledeltermoidraulico.it/cosi-il-tubo-recupera-il-calore-dalle-acque-reflue/>
- [21] Energie aus Abwasser in Amstetten. *Umwelt-Gemeinde-Service* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://www.umweltgemeinde.at/energie-aus-abwasser-in-amstetten>
- [22] RENEWABLE ENERGY. *KASAG* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://www.kasag.ch/RENEWABLEENERGY/inthesewer/tabid/152/language/en-US/Default.aspx>
- [23] Energie aus Abwasser. *Rabmer Gruppe* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: <http://www.rabmer.at/greentech/leistungen/energie-aus-abwasser/>
- [24] Energy from Wastewater. *Huber* [online]. [cit. 2015-06-18]. Dostupné z: [http://www.huber.de/index.php?id=176&tx_ttnews\[tt_news\]=products&tx_ttnews\[backPid\]=solutions](http://www.huber.de/index.php?id=176&tx_ttnews[tt_news]=products&tx_ttnews[backPid]=solutions)

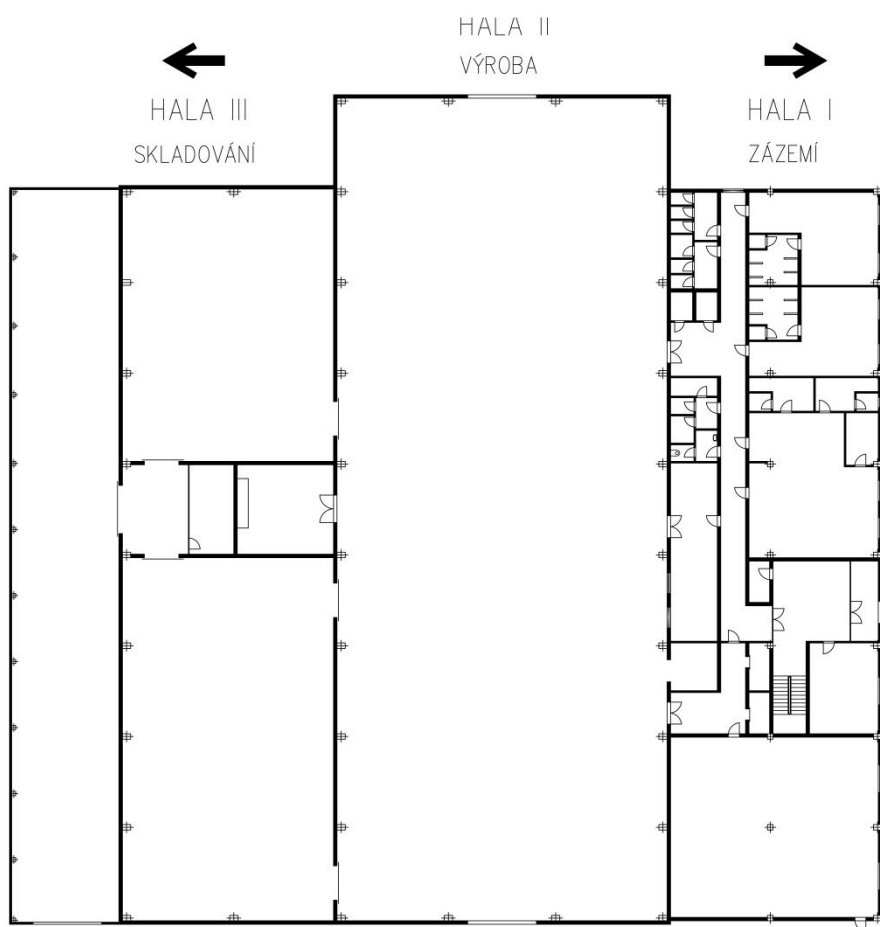
- [25] PAVELKOVÁ, Eva a ŽIVĚLOVÁ. Posouzení ekonomické efektivnosti výroby elektrické energie z odpadního tepla: Evaluating Economic Effectiveness of Production of Electric Power from Waste Heat. *Elektrorevue* [online]. 2011, (2): 9 [cit. 2015-06-18]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/0/posouzeni-ekonomicke-efektivnosti-vyroby-elektricke-energie--z-odpadniho-tepla/>
- [26] Jak fungují bioplynové stanice? Ukázkový příklad zajímavého řešení z Třeboně. *Eko bonus* [online]. 2011 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/jak-funguji-bioplynove-stance-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>
- [27] TRNAVSKÝ, Jiří. Více elektřiny a lepší využití tepla. *Energie 21* [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://energie21.cz/vice-elektřiny-a-lepsi-vyuziti-tepla/>
- [28] GE Clean Cycle Offers Sustainability to Diesel Generators. *USP&E* [online]. 2013 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://freedieselgenerators.com/blog/>
- [29] BRÁZDIL, Marian. Možnosti využití termoelektrických jevů pro výrobu elektrické energie z odpadního tepla. *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/10220-moznosti-vyuziti-termoelektrickych-jevu-pro-vyrobu-elektricke-energie-z-odpadniho-tepla>
- [30] HEŘMAN, Josef. *Vývoj názorů na podstatu elektřiny* [online]. + [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/vyvoj-nazoru-na-podstatu-elektřiny-39--14152>
- [31] How to Read Thermocouples. *Aimagin Blog* [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://aimagin.com/blog/how-to-read-thermocouples/>
- [32] *Elektrické teplo* [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.spsemoh.cz/vyuka/elz/elz1.htm>
- [33] Ukradli půlku Temelína!. *Rozhledy agrárního venkova* [online]. 2010 [cit. 2015-06-20]. Dostupné z: <http://rozhledyav.blogspot.cz/2010/08/ukradli-pulku-temelina.html>
- [34] *Využití energií z jaderné elektrárny Temelín: [Seminář] Čes. Budějovice 3.-4. října 1989, ČV energetické společ. ČSVTS : [Sborník referátů]*. Čes. Budějovice: Dům techniky ČSVTS, 1989. ISBN 80-02-99697-6.
- [35] Část Budějovic bude možná vytápět odpadní teplo z Temelína. *IDNES* [online]. 2010 [cit. 2015-06-20]. Dostupné z: http://budejovice.idnes.cz/cast-budejovic-bude-mozna-vytapet-odpadni-teplo-z-temelina-pa6-/budejovice-zpravy.aspx?c=A100914_1449807_budejovice-zpravy_pp

- [36] Teplo z Temelína zatím České Budějovice vyhřívat nebude. *CeskaTelevize* [online]. 2013 [cit. 2015-06-20]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/253027-teplo-z-temelina-zatim-ceske-budejovice-vyhrivat-nebude/>
- [37] KLÍMOVÁ, Jana. České Budějovice: Pořádné horko v teplárně. *Modré noviny* [online]. 2011 [cit. 2015-06-20]. Dostupné z: <http://www.modrenoviny.cz/mesto/ceske-budejovice-poradne-horko-v-teplarne.html>
- [38] Sálavé panely. Podklady pro studenty [online]. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/>

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

Analýza objektu

Jedná se o průmyslový objekt tvořený dvěma jednopodlažními halami a přílehlou budovou, jež označují jako halu I. Jedna z hal je určena jako výrobní, druhá pak slouží k uskladnění výrobků a materiálu. Přílehlá budova je dvoupodlažní a s halami tvoří jeden celek. První nadzemní podlaží je z velké části řešeno jako hygienické zázemí pro pracovníky, dále se v tomto patře nachází školící prostory nebo technická místnost, jež zajišťuje potřeby tepla. V druhém nadzemním podlaží jsou pak soustředěny školící a jednací místnosti, kanceláře pro administrativní pracovníky či archiv.



Koncepční řešení

Návrh technického řešení vytápění je proveden ve dvou variantách, kdy u obou variant je shodně řešeno vytápění přílehlého objektu a to pomocí deskových otopných těles. U výrobní a skladovací haly jsou ve variantě A navrženy závěsné sálavé panely, ve variantě B pak teplovzdušné jednotky. Kromě vytápění je v objektech řešena i příprava teplé vody, koncepce nuceného rovnotlakého větrání a návrh vzduchových clon. Zdrojem tepla pro všechny systémy je plynový kondenzační kotel.

1. SOUČinitele prostupu tepla

Hala I

Obvodové zdivo							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,13
SO25	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{se} [m ² K/W]	0,04
	2	ISOVER AKU	80	0,035	2,29	R _T [m ² K/W]	4,26
	3	HELUZ PLUS 25	250	0,14	1,79		
	4	Omítka VC	10	0,88	0,01		
Σ					4,09	U[W/m ² K]	0,23

Vnitřní zdivo haly							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,13
SN24	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{si} [m ² K/W]	0,13
	2	HELUZ 24	240	0,26	0,92	R _T [m ² K/W]	1,20
	3	Omítka VC	10	0,88	0,01		
Σ					0,94	U[W/m ² K]	0,83

Vnitřní zdivo							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,13
SN14	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{si} [m ² K/W]	0,13
	2	HELUZ 14	140	0,27	0,52	R _T [m ² K/W]	0,80
	3	Omítka VC	10	0,88	0,01		
Σ					0,54	U[W/m ² K]	1,25

Podlaha na zemině							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,17
PDL	1	Keramická dlažba	10	1,01	0,01	R _{se} [m ² K/W]	0
	2	Beton hutný	80	1,05	0,08	R _T [m ² K/W]	3,09
	3	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	4	EPS 100Z	100	0,037	2,70		
	5	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	6	Železobeton	120	1,34	0,09		
Σ					2,92	U[W/m ² K]	0,32

Stropní konstrukce							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,1
STR	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{si} [m ² K/W]	0,1
	2	Sádrokartonová deska	12,5	0,21	0,06	R _T [m ² K/W]	4,78
	3	Tepelná izolace IS MERINO	80	0,039	2,05		
	4	Železobeton	250	1,34	0,19		
	5	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	6	EPS 100Z	80	0,037	2,16		
	7	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	8	Beton hutný	60	1,05	0,06		
	9	Keramická dlažba	10	1,01	0,01		
Σ					4,58	U [W/m ² K]	0,21

Střešní plášť							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ[W/mK]	R [m²K/W]	Rsi[m²K/W]	0,10
SCH	1	KS 1000 RW	160	-	6,85	Rse[m²K/W]	0,04
						RT[m²K/W]	6,99
						Σ	

Výplně otvorů				
Dveře: ochlazované (dvoukřídlé) - DO - DARE			U _w =	1,7
Dveře: vnitřní - DN			U _w =	1,7
Okna: Plastová okna VEKRA KOMFORT EVO			U _g =	0,6
			U _w =	0,78

Hala II

Stěnový panel KINGSPAN KS 1150 TF							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Rsi[m²K/W]	0,13
SO	1	izolační panel s dvojitým kovovým pláštěm	200	-	8,79	Rse[m²K/W]	0,04
						R _T [m²K/W]	8,96
					Σ		

Vnitřní zdivo haly							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,13
SN24	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{si} [m ² K/W]	0,13
	2	HELUZ 24	240	0,26	0,92	R _t [m ² K/W]	1,20
	3	Omítka VC	10	0,88	0,01		
					Σ	0,94	U[W/m ² K] 0,83

Podlaha na zemině							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,17
PDL	1	Náslapná vrstva - potěr	10	1,2	0,01	R _{se} [m ² K/W]	0
	2	Beton vyztužený KARI sítí	80	1,05	0,08	R _t [m ² K/W]	3,24
	3	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	4	Styrodur 5000 CS140	100	0,035	2,86		
	5	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	6	Železobeton	120	1,34	0,09		
					Σ	3,07	U[W/m ² K] 0,31

Střešní plášť								
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Rsi[m²K/W]	0,10	
SCH	1	KS 1000 RW	100	-	4,52	Rse[m²K/W]	0,04	
						R _T [m²K/W]	4,66	
					Σ	4,52	U[W/m²K]	0,21

Výplně otvorů						
Vrata: SPU F42 (4000x5000), ThermoFrame SPU 67 Thermo (4000x5000)				U =	0,94	[W/m ² K]
				U =	0,51	
Dveře: vnitřní - DN				U _w =	1,7	
Světlík: RWA systém, tloušťka 20 mm				U =	1,6	

Hala III

Stěnový panel KINGSPAN KS 1150 TF							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	R _{si} [m²K/W]	0,13
SO	1	izolační panel s dvojitým kovovým pláštěm	200	-	8,79	R _{se} [m²K/W]	0,04
						R _T [m²K/W]	8,96
						Σ	

Stěnový panel KINGSPAN KS1000 AWP							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Rsi[m²K/W]	0,13
SO	1	izolační panel s dvojitým kovovým pláštěm	100	-	4,26	Rse[m²K/W]	0,04
						R _T [m²K/W]	4,43
						Σ	

Stěnový prosvětlovací panel KINGSPAN KS1000 WL							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi[m ² K/W]	
O	1	izolační panel s dvojitým kovovým pláštěm	38	-		Rse[m ² K/W]	
						R _T [m ² K/W]	
						Σ	

Vnitřní zdivo haly							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,13
SN24	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{si} [m ² K/W]	0,13
	2	HELUZ 24	240	0,26	0,92	R _τ [m ² K/W]	1,20
	3	Omítka VC	10	0,88	0,01		
					Σ	0,94	U [W/m ² K]
							0,83

Podlaha na zemině							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,17
PDL	1	Nášlapná vrstva - potěr	10	1,2	0,01	R _{se} [m ² K/W]	0
	2	Beton vyztužený KARI sítí	80	1,05	0,08	R _τ [m ² K/W]	3,24
	3	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	4	Styrodur 5000 CS140	100	0,035	2,86		
	5	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	6	Železobeton	120	1,34	0,09		
					Σ	3,07	U [W/m ² K]
							0,31

Stropní konstrukce - místnosti 128, 129							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	0,1
STR	1	Omítka VC	10	0,88	0,01	R _{si} [m ² K/W]	0,1
	2	Sádkartonová deska	12,5	0,21	0,06	R _T [m ² K/W]	4,78
	3	Tepelná izolace IS MERINO	80	0,039	2,05		
	4	Železobeton	250	1,34	0,19		
	5	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	6	EPS 100Z	80	0,037	2,16		
	7	Foalbit S	4,5	0,21	0,02		
	8	Beton hutný	60	1,05	0,06		
	9	Keramická dlažba	10	1,01	0,01		
Σ					4,58	U [W/m ² K]	0,21

Střešní plášť							
kce	č.v.	materiál	d [mm]	λ[W/mK]	R [m²K/W]	Rsi[m²K/W]	0,10
SCH	1	KS 1000 RW	160	-	6,85	Rse[m²K/W]	0,04
						R _T [m²K/W]	6,99
						Σ	

Výplně otvorů				
Vrata: SPU F42 (4000x5000), ThermoFrame SPU 67 Thermo (4000x5000)			U =	0,94
			U =	0,51
Dveře: vnitřní - DN			U =	1,7
Světlík: RWA systém, tloušťka 20 mm			U =	1,6

2. VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

2.1. Hala I

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	15,41	0,23	0,05	0,28	1	4,32
DO	Dveře	3,52	1,7	0	1,7	1	5,98
Σ							10,30

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
Sklo	Skleněná stěna	15,73	1,2	-0,185	-3,50
DN	Dveře vnitřní	3,20	1,7	-0,185	-1,01
SN24	Vnitřní stěna	6,50	0,83	-0,185	-1,00
STR	Strop	11,65	0,21	-0,185	-0,45
					Σ -5,96

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	11,65	0,14	1,45	0,407	1	0,96
Σ							0,96

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	5,30	W/K
$\theta_i =$	15	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		27	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						143	W

Místnost: 101 - Zádveří 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		143
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
37,86	-12	15	0,5	18,93	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	2,27	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
18,93	6,44	-5	-32

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	111 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
Sklo	2xSkleněná stěna	20,9	1,2	0,05	1,25	0,156	4,08
DN	2xDveře vnitřní	6,40	1,7	0	1,7	0,156	1,70
SN24	Vnitřní stěna	8,17	0,83	0,05	0,88	0,156	1,12
DN	Dveře vnitřní	1,58	1,7	0	1,7	0,156	0,42
						Σ	7,32

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
-	-	-	-	-	-
				Σ	0,00

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	38,68	0,14	1,45	0,500	1	3,90
						Σ	3,90

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	11,22	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	32		°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						359	W

Místnost: 102 - Recepce 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		359
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
125,71	-12	20	0,5	62,86	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
62,855	21,37	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	359 W
---	--------------

Místnost: 103 - Ředitel

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	17,15	0,23	0,05	0,28	1	4,80
OZ	Okno	3,00	0,78	0	0,78	1	2,34
Σ							7,14

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna	6,50	0,83	0,05	0,88	0,156	0,89
Σ							0,89

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna	16,25	0,83	0,156	2,11
STR	Strop	31,00	0,21	0,063	0,41
					Σ 2,51

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	32,86	0,14	1,45	0,500	1	3,31
Σ							3,31

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ji} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	13,86	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	32		°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						444	W

Místnost: 103 - Ředitel 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		444
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
106,80	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	6,41	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
6,41	2,18	32	70

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	514 W
---	--------------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	76,34	0,23	0,05	0,28	1	21,37
DO	Dveře	1,60	1,7	0	1,7	1	2,72
OZ	2xOkno	6,00	0,78	0	0,78	1	4,68
Σ							28,77

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna	16,25	0,83	-0,185	-2,50
SN24	Vnitřní stěna	42,74	0,83	-0,037	-1,31
STR	Strop	79,1	0,21	-0,185	-3,08
					Σ -6,89

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	197,34	0,14	1,45	0,407	1	16,20
Σ							16,20

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	38,09	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							1028	W

Místnost: 104 - Tech, místnost 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		1028
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
641,88	-12	15	0,3	192,56	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
3	1	0,05	1	64,19	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
192,564	65,47	-5	-327

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	701 W
---	-------

Místnost: 105 - Chodba

t [°C]

15

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (107)	9,29	0,83	-0,185	-1,43
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	-0,185	-0,50
SN24	Vnitřní stěna (127)	6,23	0,83	-0,037	-0,19
DN	Dveře vnitřní	3,52	1,7	-0,037	-0,22
STR	Strop (201)	22,83	0,21	-0,111	-0,53
Σ					-2,88

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	22,83	0,14	1,45	0,407	1	1,87
Σ							1,87

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	-1,00	W/K
$\theta_i =$	15		$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	27	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						-27	W

Místnost: 105 - Chodba 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-27
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
74,20	-12	15	0,5	37,10	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
37,10	12,61	-5	-63

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ_{HL,i} = Φ_{T,i} + Φ_{V,i} + Φ_{RH}**-90 W**

Místnost: 106 - Sklad

t [°C]

15

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (109)	11,05	1,25	-0,185	-2,56
SN24	Vnitřní stěna (127)	7,92	0,83	-0,037	-0,24
DN	Dveře vnitřní	3,20	1,7	-0,037	-0,20
STR	Strop (201)	11,81	0,21	-0,111	-0,28
Σ					-3,28

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	11,81	0,14	1,45	0,407	1	0,97
Σ							0,97

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	-2,31	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27	°C		
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							-62	W

Místnost: 106 - Sklad 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-62
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
38,38	-12	15	0,3	11,51	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
11,51	3,91	-5	-20

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	-82 W
---	-------

Místnost: 107 - Kuchyňka

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (108)	4,88	1,25	0,05	1,3	0,156	0,99
SN24	Vnitřní stěna (105)	1,26	0,83	0,05	0,88	0,156	0,17
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0	1,7	0,156	0,43
SN14	Vnitřní stěna (113)	4,88	1,25	0,05	1,3	0,156	0,99
Σ							2,58

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
STR	Strop (201)	5,15	0,21	0,063	0,07
					Σ 0,07

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	5,15	0,14	1,45	0,500	1	0,52
Σ							0,52

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	3,16	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						101	W

Místnost: 107 - Kuchyňka 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		101
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
16,74	-12	20	0,3	5,02	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
5,02	1,71	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	101 W
---	-------

Místnost: 108 - Šatna

t [°C]

15

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (107)	4,88	1,25	0,05	1,3	-0,185	-1,17
Σ							-1,17

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
STR	Strop (201)	4,50	0,21	-0,111	-0,11
Σ					-0,11

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL	Podlaha na zemině	4,50	0,14	1,45	0,407	1	0,37
Σ							0,37

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	-0,91	W/K
$\theta_i =$	15		$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	27	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						-25	W

Místnost: 108 - Šatna 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-25
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
14,63	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε		
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ_{HL,i} = Φ_{T,i} + Φ_{V,i} + Φ_{RH}**-25 W**

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (106)	11,05	1,25	0,156	2,16
SN24	Vnitřní stěna (113)	40,49	0,83	0,156	5,25
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
SN24	Vnitřní stěna (127)	34,07	0,83	0,125	3,53
DN	Dveře vnitřní	3,52	1,7	0,125	0,75
OZ	2xOkno	4,50	0,78	0,125	0,44
					Σ 12,56

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	44,03	0,14	1,45	0,500	1	4,44
						Σ	4,44

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	16,99	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	32		°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						544	W

Místnost: 109 - Metrologie 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		544
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
143,10	-12	20	0,6	85,86	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
85,86	29,19	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	544 W
---	-------

Místnost: 110 - WC ženy

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	3,9	0,83	0,125	0,40
SN24	Vnitřní stěna (113)	5,71	0,83	0,156	0,74
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
Σ					1,57

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	5,67	0,14	1,45	0,500	1	0,57
Σ							0,57

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	2,14	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32	°C		
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							69	W

Místnost: 110 - WC ženy 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		69
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
18,43	-12	20		50,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
50,00	17,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	69 W
---	------

Místnost: 111 - WC muži

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	10,32	0,83	0,125	1,07
SN24	Vnitřní stěna (113)	5,71	0,83	0,156	0,74
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
SN14	Stěna vnitřní	9,65	1,25	0,156	1,88
DN	Dveře vnitřní	1,40	1,7	0,156	0,37
Σ					4,49

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	9,12	0,14	1,45	0,500	1	0,92
Σ							0,92

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	5,41	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						173	W

Místnost: 111 - WC muži 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		173
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
29,64	-12	20		100,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
100,00	34,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	173 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	4,31	0,83	-0,037	-0,13
SN14	Stěna vnitřní (111)	9,65	1,25	-0,185	-2,23
DN	Dveře vnitřní	1,40	1,7	-0,185	-0,44
STR	Strop	4,51	0,21	-0,185	-0,18
					Σ -2,98

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	4,51	0,14	1,45	0,407	1	0,37
Σ							0,37

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	-2,61	W/K
$\theta_i =$	15		$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	27	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						-71	W

Místnost: 112 - Úklid 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-71
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
14,66	-12	15			
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění ε	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	-71 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	3,6	0,23	0,05	0,28	1	1,01
OZ	Okno	2,25	0,78	0	0,78	1	1,76
Σ							2,76

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	9,16	0,83	-0,037	-0,28
DN	Dveře vnitřní	3,52	1,7	-0,037	-0,22
SN24	Vnitřní stěna	162,16	0,83	-0,185	-24,92
DN	9xDveře vnitřní	14,40	1,7	-0,185	-4,53
SN14	Stěna vnitřní	19,30	1,25	-0,185	-4,47
DN	2xDveře vnitřní	2,80	1,7	-0,185	-0,88
Sklo	Skleněná stěna	5,17	1,2	-0,185	-1,15
DN	Dveře vnitřní	3,20	1,7	-0,185	-1,01
STR	Strop	77,98	0,21	-0,185	-3,03
Σ					-39,99

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	77,98	0,14	1,45	0,407	1	6,40
Σ							6,40

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	-30,83	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							-832	W

Místnost: 113 - Chodba 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-832
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
253,44	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00	-5	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	-832 W
---	--------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	6,74	0,83	0,125	0,70
SN14	Vnitřní stěna (113)	3,80	1,25	0,156	0,74
DN	Dveře vnitřní	1,40	1,7	0,156	0,37
					Σ 1,81

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	3,32	0,14	1,45	0,500	1	0,33
Σ							0,33

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	2,15	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	32		°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						69	W

Místnost: 114 - WC inval. ženy 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		69
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
10,79	-12	20		50,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
50,00	17,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	69 W
---	------

Místnost: 115 - WC invalidé, muži

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (113)	3,64	1,25	0,156	0,71
DN	Dveře vnitřní	1,40	1,7	0,156	0,37
				Σ	1,08

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	3,22	0,14	1,45	0,500	1	0,32
Σ							0,32

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	1,41	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							45	W

Místnost: 115 - WC inval. muži 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		45
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
10,47	-12	20		50,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
50,00	17,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	45 W
---	------

Místnost: 116 - WC muži

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	11,94	0,83	0,125	1,24
SN24	Vnitřní stěna (113)	9,46	0,83	0,156	1,23
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
Σ					2,89

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	11,84	0,14	1,45	0,500	1	1,19
Σ							1,19

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	4,08	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32	°C		
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							131	W

Místnost: 116 - WC muži 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		131
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
38,48	-12	20		50,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
50,00	17,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	131 W
---	-------

Místnost: 117 - WC ženy

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	11,05	0,23	0,05	0,28	1	3,09
Σ							3,09

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	8,78	0,83	0,125	0,91
SN24	Vnitřní stěna (113)	9,69	0,83	0,156	1,26
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
Σ					2,59

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	10,40	0,14	1,45	0,500	1	1,05
Σ							1,05

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	6,73	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						216	W

Místnost: 117 - WC ženy 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		216
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
33,80	-12	20		150,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
150,00	51,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	216 W
---	--------------

Místnost: 118 - Ženské šatny

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	44,90	0,23	0,05	0,28	1	12,57
OZ	2xOkno	4,50	0,78	0	0,78	1	3,51
Σ							16,08

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (113)	8,15	0,83	0,156	1,06
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
					Σ 1,48

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	48,76	0,14	1,45	0,500	1	4,91
Σ							4,91

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	22,48	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	32		°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						719	W

Místnost: 118 - Ženské šatny 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		719
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
158,47	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
2	1	0,05	1	15,85	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
15,85	5,39	32	172

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	891 W
---	-------

Místnost: 119 - Ženské sprchy

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (113)	11,94	0,83	0,156	1,55
					Σ 1,55

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	12,68	0,14	1,45	0,500	1	1,28
						Σ	1,28

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	2,83	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						90	W

Místnost: 119 - Ženské sprchy 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		90
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
41,21	-12	20		450,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
450,00	153,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	90 W
---	-------------

Místnost: 120 - Pánské sprchy

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (113)	12,11	0,83	0,156	1,57
					Σ 1,57

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	13,46	0,14	1,45	0,500	1	1,36
						Σ	1,36

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	2,93	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						94	W

Místnost: 120 - Pánské sprchy 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		94
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
43,75	-12	20		450,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
450,00	153,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	94 W
---	------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	15,65	0,23	0,05	0,28	1	4,38
OZ	2xOkno	4,50	0,78	0	0,78	1	3,51
Σ							7,89

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (113)	6,53	0,83	0,156	0,85
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
					Σ 1,27

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	45,46	0,14	1,45	0,500	1	4,58
Σ							4,58

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	13,74	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						440	W

Místnost: 121 - Pánské šatny 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		440
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
147,75	-12	20			
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
2	1	0,05	1	14,78	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
14,78	5,02	32	161

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	601 W
---	--------------

Místnost: 122 - Ženské šatny

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (113)	7,88	0,83	0,156	1,02
					Σ 1,02

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	11,11	0,14	1,45	0,500	1	1,12
						Σ	1,12

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	2,14	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						69	W

Místnost: 122 - Ženské šatny 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		69
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
36,11	-12	20		150,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
150,00	51,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	69 W
---	------

Místnost: 123 - Pánské šatny

t [°C]

20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	7,56	0,23	0,05	0,28	1	2,12
OZ	Okno	0,56	0,78	0	0,78	1	0,44
Σ							2,56

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
-	-	-	-	-	-
					Σ 0,00

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	10,80	0,14	1,45	0,500	1	1,09
Σ							1,09

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						Σ H _{T,i}	3,64	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i - θ _e =	32			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							117	W

Místnost: 123 - Pánské šatny 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		117
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
35,10	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	2,11	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
2,11	0,72	32	23

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	140 W
---	-------

Místnost: 124 - Kuchyňka

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	12,35	0,23	0,05	0,28	1	3,46
Σ							3,46

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{tr,ij} [W/K]
-	-	-	-	-	-
					Σ 0,00

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	8,83	0,14	1,45	0,500	1	0,89
Σ							0,89

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	4,35	W/K
$\theta_i =$	20	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						139	W

Místnost: 124 - Kuchyňka 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		139
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
28,70	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	139 W
---	-------

Místnost: 125 - Školící místnost

t [°C]

20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	15,65	0,23	0,05	0,28	1	4,38
OZ	2xOkno	4,50	0,78	0	0,78	1	3,51
Σ							7,89

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (101)	6,50	0,83	0,156	0,84
SN24	Vnitřní stěna (113,126)	35,39	0,83	0,156	4,59
DN	Dveře vnitřní	3,20	1,7	0,156	0,85
					Σ 6,28

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	90,31	0,14	1,45	0,500	1	9,10
Σ							9,10

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	23,28	W/K
$\theta_i =$	20		$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$	32	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						745	W

Místnost: 125 - Školící místnost 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		745
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
294,03	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
2	1	0,05	1	29,40	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
29,40	10,00	32	320

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	1065 W
---	--------

Místnost: 126 - Šatna

t [°C]

15

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (102,125)	16,025	0,83	-0,185	-2,46
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	-0,185	-0,50
STR	Strop (212)	4,50	0,21	-0,185	-0,18
Σ					-2,97

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	4,50	0,14	1,45	0,407	1	0,37
Σ							0,37

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	-2,60	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							-70	W

Místnost: 126 - Šatna 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-70
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
14,63	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	-70 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	15,60	0,23	0,05	0,28	1	4,37
OZ	Okno	3,00	0,78	0	0,78	1	2,34
SCH	Střešní plášť	93,62	0,14	0,05	0,19	1	17,79
Σ							24,50

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (212,205)	39,45	0,83	-0,067	-2,18
DN	2xDveře vnitřní	4,80	1,7	-0,067	-0,54
SN24	Vnitřní stěna (127)	15,60	0,83	0,067	0,86
OZ	Okno	3,00	0,78	0,067	0,16
SN24	Vnitřní stěna (204)	5,90	0,83	0,100	0,49
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,100	0,27
SN24	Vnitřní stěna (202)	33,18	0,83	-0,067	-1,84
DN	2xDveře vnitřní	3,20	1,7	-0,067	-0,36
STR	Strop (20°C)	35,63	0,21	-0,067	-0,50
STR	Strop (15°C)	37,79	0,21	0,100	0,79
Σ					-2,85

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$				ΣH _{T,i}	21,65	W/K
θ _i =	18	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	30	°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}					649	W

Místnost: 201 - Hala 18°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		649
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
244,32	-12	18		0	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	14,66	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
14,66	4,98	30	150

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	799 W
---	--------------

Místnost: 202 - Školící místnost

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	15,60	0,23	0,05	0,28	1	4,37
OZ	Okno	3,00	0,78	0	0,78	1	2,34
SCH	Střešní plášť	79,22	0,14	0,05	0,19	1	15,05
Σ							21,76

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (204)	19,05	1,25	0,156	3,72
SN24	Vnitřní stěna (201)	33,18	0,83	0,063	1,72
DN	2xDveře vnitřní	3,20	1,7	0,063	0,34
SN14	Vnitřní stěna (203)	36,38	1,25	0,156	7,10
STR	Strop (104)	79,10	0,21	0,156	2,60
Σ					15,48

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	37,24	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						1192	W

Místnost: 202 - Školící místnost 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		1192
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
237,30	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	14,24	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
14,24	4,84	32	155

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	1347 W
---	--------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	54,75	0,23	0,05	0,28	1	15,33
OZ	3xOkno	6,75	0,78	0	0,78	1	5,27
SCH	Střešní plášť	94,72	0,14	0,05	0,19	1	18,00
Σ							38,59

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (202)	37,43	1,25	-0,185	-8,66
SN24	Vnitřní stěna	13,80	0,83	-0,037	-0,42
					Σ -9,09

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	29,50	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27	°C	
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						797	W

Místnost: 203 - Sklad 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		797
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
283,30	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
3	1	0,05	1	28,33	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
28,33	9,63	27	260

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	1057 W
---	--------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SCH	Střešní plášť	20,94	0,14	0,05	0,19	1	3,98
Σ							3,98

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (201)	5,90	0,83	-0,111	-0,54
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	-0,111	-0,30
SN14	Vnitřní stěna	22,13	0,83	-0,037	-0,68
OZ	Okno	3,00	0,78	-0,037	-0,09
SN14	Vnitřní stěna (202)	19,05	1,25	-0,185	-4,41
					Σ -6,02

Celková měrná tepelná ztráta prostupem H _{T,i} = H _{T,ie} + H _{T,iue} + H _{T,ij} + H _{T,ig}					ΣH _{T,i}	-2,04	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						-55	W

Místnost: 204 - Chodba 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-55
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
62,82	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
0	0,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	-55 W
---	--------------

Místnost: 205 - Chodba

t [°C] 20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	7,20	0,23	0,05	0,28	1	2,02
OZ	Okno	3,00	0,78	0	0,78	1	2,34
SCH	Střešní plášť	101,64	0,14	0,05	0,19	1	19,31
Σ							23,67

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	51,18	0,83	0,125	5,31
OZ	3xOkno	9,00	0,78	0,125	0,88
SN24	Vnitřní stěna (201)	4,30	0,83	0,063	0,22
DN	Dveře vnitřní	3,20	1,7	0,063	0,34
SN24	Vnitřní stěna (207)	3,73	0,83	0,156	0,48
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	0,156	0,43
STR	Strop	35,23	0,21	0,156	1,16
					Σ 8,81

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	32,48	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32	°C	
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						1039	W

Místnost: 205 - Chodba 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		1039
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
304,92	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	18,30	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
18,30	6,22	32	199

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	1238 W
---	--------

Místnost: 206 - Kuchyňka

t [°C]

20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SCH	Střešní plášť	6,46	0,14	0,05	0,19	1	1,23
Σ							1,23

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN14	Vnitřní stěna (207)	10,2	1,25	0,156	1,99
SN24	Vnitřní stěna (127)	5,7	0,83	0,125	0,59
STR	Strop	6,46	0,21	0,156	0,21
					Σ 2,80

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	4,02	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						129	W

Místnost: 206 - Kuchyňka 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		129
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
19,38	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	129 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SCH	Střešní plášť	6,04	0,14	0,05	0,19	1	1,15
						Σ	1,15

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
						Σ	0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (205)	3,73	0,83	-0,185	-0,57
DN	Dveře vnitřní	1,60	1,7	-0,185	-0,50
SN24	Vnitřní stěna (127)	5,33	0,83	-0,037	-0,16
SN24	Vnitřní stěna (208)	10,20	0,83	-0,185	-1,57
SN14	Vnitřní stěna (206)	10,20	1,25	-0,185	-2,36
STR	Strop	6,04	0,21	-0,185	-0,23
					Σ -5,40

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	-4,26	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						-115	W

Místnost: 207 - Úklid. místnost 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		-115
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
18,12	-12	20		150,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
150,00	51,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	-115 W
---	--------

Místnost: 208 - WC muži

t [°C]

20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SCH	Střešní plášť	11,84	0,14	0,05	0,19	1	2,25
Σ							2,25

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (207)	10,20	0,83	0,156	1,32
SN24	Vnitřní stěna (127)	11,84	0,83	0,125	1,23
Σ					2,55

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	4,80	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32	°C	
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						154	W

Místnost: 208 - WC muži 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		154
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
35,52	-12	20		150,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
150,00	51,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	154 W
---	--------------

Místnost: 209 - WC ženy

t [°C]

20

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	10,2	0,23	0,05	0,28	1	2,86
SCH	Střešní plášť	10,40	0,14	0,05	0,19	1	1,98
Σ							4,83

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	8,85	0,83	0,125	0,92
					Σ 0,92

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	5,75	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						184	W

Místnost: 209 - WC ženy 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		184
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
31,20	-12	20		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
				0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
0,00	0,00	0	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	184 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	53,55	0,23	0,05	0,28	1	14,99
OZ	3xOkno	6,75	0,78	0	0,78	1	5,27
SCH	Střešní plášť	103,16	0,14	0,05	0,19	1	19,60
Σ							39,86

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]		
-	-	-	-	-	-		
Σ							0,00

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	39,86	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						1275	W

Místnost: 210 - Archiv 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		1275
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
308,22	-12	20			
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zclonění ε	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
3	1	0,05	1	30,82	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
30,82	10,48	32	335

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	1610 W
---	--------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	29,70	0,23	0,05	0,28	1	8,32
OZ	3xOkno	6,75	0,78	0	0,78	1	5,27
SCH	Střešní plášť	159,68	0,14	0,05	0,19	1	30,34
Σ							43,92

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]		
STR	Strop	24,07	0,21	0,156	0,79		
Σ							0,79

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	44,71	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						1431	W

Místnost: 211 - Kancelář 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		1431
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
478,62	-12	20			
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zclonění ε	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
3	1	0,05	1	47,86	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
47,86	16,27	32	521

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	1952 W
---	--------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO25	Stěna venkovní	14,60	0,23	0,05	0,28	1	4,09
OZ	Okno	4,00	0,78	0	0,78	1	3,12
SCH	Střešní plášť	82,65	0,14	0,05	0,19	1	15,70
Σ							22,91

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna	34,775	0,83	0,063	1,80
DN	Dveře vnitřní	1,6	1,7	0,063	0,17
STR	Strop	32,60	0,21	0,156	1,07
Σ					3,04

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	25,95	W/K
θ _i =	20	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	32	°C	
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						831	W

Místnost: 212 - Jednací místnost 20°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		831
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
246,99	-12	20			
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
1	1	0,03	1	14,82	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
14,82	5,04	32	161

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{v,i} + Φ _{RH}	992 W
---	--------------

2.2. Hala II

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	e _k	H _{T,ie} [W/K]
SO	KS 11500 TF	439,75	0,11	0,05	0,16	1	70,36
DO	Vrata	40,00	0,51	0	0,51	1	20,40
OS	16xSvětlik RWA	96,00	1,6	0	1,6	1	153,60
SCH	Střešní plášť	1333,40	0,21	0,05	0,26	1	346,68
Σ							591,04

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (135)	150,90	0,83	-0,071	-8,95
DN	Dveře vnitřní	7,50	1,7	-0,071	-0,91
SN24	Vnitřní stěna (131)	16,73	0,83	-0,071	-0,99
DN	Dveře vnitřní	4,40	1,7	-0,071	-0,53
SN24	Vnitřní stěna (132)	196,20	0,83	-0,071	-11,63
DN	Dveře vnitřní	7,50	1,7	-0,071	-0,91
SN24	Vnitřní stěna (214)	19,50	0,83	0,036	0,58
SN24	Vnitřní stěna (1.-20°C)	79,81	0,83	-0,143	-9,46
OZ	2xOkno	4,50	0,78	-0,143	-0,50
DN	Dveře vnitřní	3,52	1,7	-0,143	-0,85
SN24	Vnitřní stěna (1.-15°C)	70,93	0,83	0,036	2,10
DN	3xDveře vnitřní	10,24	1,7	0,036	0,62
SN24	Vnitřní stěna (2.-18°C)	15,60	0,83	-0,071	-0,92
OZ	Okno	3,00	0,78	-0,071	-0,17
SN24	Vnitřní stěna (2.-20°C)	78,71	0,83	-0,143	-9,33
OZ	3xOkno	9,00	0,78	-0,143	-1,00
SN24	Vnitřní stěna (2.-15°C)	40,80	0,83	0,036	1,21
OZ	Okno	3,00	0,78	0,036	0,08
Σ					-41,58

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	1429,40	0,10	1,45	0,429	1	88,83
Σ							88,83

Celková měrná tepelná ztráta prostupem H _{T,i} = H _{T,ie} + H _{T,iue} + H _{T,ij} + H _{T,iq}						ΣH _{T,i}	638,29	W/K
θ _i =	16	θ _e =	-12	θ _i - θ _e =	28			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							17872	W

Místnost: 127 - Výroba 16°C			Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]:		17872
Objem místnosti V_i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ_e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ_i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]	
12864,96	-12	16		0	
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ [m ³ /h]	
				$V_{inf,i}$ [m ³ /h]	
16	1	0,05	1	1286,50	

max. z V_{min} , V_{inf}	$H_{v,i}$	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]
1286,50	437,41	28	12247

Celkový návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH}$	30119 W
---	----------------

2.3. Hala III

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SO	KS 1150TF (131)	8,78	0,11	0,100	0,10
DN	Dveře vnitřní	10,50	1,7	0,100	1,79
STR	Strop	55,18	0,21	0,100	1,16
					Σ 3,04

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL	Podlaha na zemině	52,18	0,10	1,45	0,467	1	3,53
Σ							3,53

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	6,57	W/K
θ _i =	18	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	30			°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							197	W

Místnost: 128 - Skladník 18°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		197
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
169,59	-12	18		0	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00		0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	197 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	16,73	0,83	0,067	0,93
DN	Dveře vnitřní	4,40	1,7	0,067	0,50
STR	Strop	45,50	0,21	0,100	0,96
Σ					2,38

Tepelné ztráty zeminou

č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	45,50	0,10	1,45	0,467	1	3,08
Σ							3,08

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						ΣH _{T,i}	5,46	W/K
θ _i =	18	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	30	°C		
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}							164	W

Místnost: 129 - Drcení 18°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		164
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
147,88	-12	18		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00	-2	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	164 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO	KS 1150TF	122,8	0,11	0,05	0,16	1	19,65
SCH	Střešní plášť	374,04	0,14	0,05	0,19	1	71,07
OS	10xSvětlík RWA	30	1,6	0	1,6	1	48,00
Σ							138,72

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]		
SN24	Vnitřní stěna (127)	196,20	0,83	0,067	10,86		
DN	2xDveře vnitřní	15,00	1,7	0,067	1,70		
SN	KS 1150TF (131)	211,20	0,11	0,100	2,32		
Σ							14,88

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	404,04	0,10	1,45	0,467	1	27,34
Σ							27,34

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ji} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	180,94	W/K
$\theta_i =$	18	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		30	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						5428	W

Místnost: 130 - Sklad materiálu 18°C			Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]:		5428
Objem místnosti V_i [m³]	Venkovní výpočt. teplota θ_e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ_i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m³/h]	
3232,32	-12	18		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ϵ	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ [m³/h]	
10	1	0,05	1	323,23	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
323,23	109,90	30	3297

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	8725 W
---	--------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO	KS 1000 AWP	280,00	0,23	0,05	0,28	1	78,40
O	Panel KS 1000 WL	28,00	1,26	0	1,26	1	35,28
DO	Vrata	20,00	0,51	0	0,51	1	10,20
SCH	Střešní plášť	240,45	0,14	0,05	0,19	1	45,69
OS	7xSvětlík RWA	21,00	1,6	0	1,60	1	33,60
Σ							203,17

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SO	KS 1150TF (128)	8,78	0,11	-0,111	-0,11
DN	Dveře vnitřní	10,50	1,7	-0,111	-1,98
SN	KS 1150TF (130)	211,20	0,11	-0,111	-2,58
SN	KS 1000 AWP (132)	40,50	0,15	-0,111	-0,68
DN	Dveře vnitřní	7,50	1,7	-0,111	-1,42
O	Panel KS 1000 WL	12,00	1,26	-0,111	-1,68
Σ					-8,44

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL	Podlaha na zemině	261,45	0,10	1,45	0,407	1	15,44
Σ							15,44

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ji} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	210,17	W/K
$\theta_i =$	15	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		27	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						5675	W

Místnost: 131 - Zásobování 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		5675
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
2091,60	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε		
8	1	0,05	1	209,16	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
209,16	71,11	27	1920

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	7595 W
---	---------------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO	KS 1000 AWP	192,40	0,23	0,05	0,28	1	53,87
O	Panel KS 1000 WL	28,00	1,26	0	1,26	1	35,28
SCH	Střešní plášť	142,05	0,14	0,05	0,19	1	26,99
OS	4xSvětlík RWA	12,00	1,6	0	1,60	1	19,20
Σ							135,34

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN	KS 1000 AWP (131)	40,50	0,15	0,100	0,61
DN	Dveře vnitřní	7,50	1,7	0,100	1,28
O	Panel KS 1000 WL	12,00	1,26	0,100	1,51
					Σ 3,39

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	154,05	0,10	1,45	0,467	1	10,42
Σ							10,42

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	149,16	W/K
$\theta_i =$	18	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		30	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						4475	W

Místnost: 132 - Sklad obalů 18°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		4475
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
1195,20	-12	18		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
5	1	0,05	1	119,52	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
119,52	40,64	30	1219

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	5694 W
---	---------------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SO	KS 1150 TF	122,80	0,11	0,05	0,16	1	19,65
SCH	Střešní plášť	278,97	0,14	0,05	0,19	1	53,00
OS	8xSvětlík RWA	24,00	1,6	0	1,6	1	38,40
Σ							111,05

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]		
SN24	Vnitřní stěna (127)	150,90	0,83	0,067	8,35		
DN	Dveře vnitřní	7,50	1,7	0,067	0,85		
Σ							9,20

Tepelné ztráty zeminou							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	H _{T,ig} [W/K]
PDL.	Podlaha na zemině	302,97	0,10	1,45	0,467	1	20,50
Σ							20,50

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					$\Sigma H_{T,i}$	140,75	W/K
$\theta_i =$	18	$\theta_e =$	-12	$\theta_i - \theta_e =$		30	°C
Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$						4223	W

Místnost: 133 - Sklad výrobků 18°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		4233
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
2423,76	-12	18		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
8	1	0,05	1	242,38	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
242,38	82,41	30	2472

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	6705 W
---	--------

Místnost: 213 - Strojovna

t [°C]

15

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SCH	Střešní plášť	52,47	0,14	0,05	0,19	1	9,97
Σ							9,97

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

č.kce	popis	A _k [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna	48,00	0,83	-0,111	-4,43
STR	Strop	55,18	0,21	-0,111	-1,29
Σ					-5,71

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	4,26	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27	°C	
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						115	W

Místnost: 213 - Strojovna 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		115
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
157,41	-12	15		0	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt (teplota ze VZT 20°C)	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} [W]
0,00	0,00	27	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	115 W
---	-------

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes obvodový plášť							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	ek	H _{T,ie} [W/K]
SCH	Střešní plášť	45,50	0,14	0,05	0,19	1	8,65
Σ							8,65

Tepelné ztráty do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor							
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	ΔU	U _{kc} [W/m ² K]	bu	H _{T,iue} [W/K]
-	-	-	-	-	-	-	-
Σ							0,00

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
č.kce	popis	Ak [m ²]	U _k	f _{ij}	H _{T,ij} [W/K]
SN24	Vnitřní stěna (127)	16,73	0,83	-0,037	-0,51
SN24	Vnitřní stěna	42,00	0,83	-0,111	-3,87
STR	Strop	45,50	0,21	-0,111	-1,06
					Σ -5,45

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					ΣH _{T,i}	3,20	W/K
θ _i =	15	θ _e =	-12	θ _i -θ _e =	27		°C
Návrhová ztráta prostupem Φ _{T,i}						86	W

Místnost: 214 - Kompresor 15°C			Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]:		86
Objem místnosti V _i [m ³]	Venkovní výpočt. teplota θ _e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ _i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	V _{min,i} [m ³ /h]	
136,50	-12	15		0,00	
Počet nechráněných otvorů	n ₅₀	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel ε	Množství vzduchu infiltrací V _{inf,i} [m ³ /h]	
	1		1	0,00	

max. z V _{min} , V _{inf}	H _{v,i}	Δt	Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{V,i} [W]
0,00	0,00	27	0

Celkový návrhový tepelný výkon: Φ _{HL,i} = Φ _{T,i} + Φ _{V,i} + Φ _{RH}	86 W
---	------

3. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Otopná tělesa, navržená v objektu označeném jako hala I, jsou shodná pro variantu A i pro variantu B.

1.PODLAŽÍ									
Ozn.	t_i [°C]	Název místnosti	Q_N [W]	c	Q_T [W]	Typ tělesa	$Q_{potř.}$ [W]	$Q_{T,skut.}$ [W]	$Q_{T,skut.} > Q_{potř.}$
102	20	Recepce	858	0,83	394	11 VKL - 500/1000	359	375	✓
103	20	Ředitel	1544	0,83	710	11 VK - 500/1800	514	710	✓
104	15	Technická místnost	720	0,86	363	10 VK - 500/1400	701	727	✓
109	20	Metrologie	720	0,83	331	10 VK - 500/1400	544	662	✓
111	20	WC muži	515	0,83	237	11 VKL - 500/600	173	213	✓
117	20	WC ženy	514	0,83	236	10 VK - 500/1000	216	224	✓
118	20	Ženské šatny	1030	0,83	473	11 VK - 500/1200	891	947	✓
121	20	Pánské šatny	720	0,83	331	10 VK - 500/1400	601	662	✓
125	20	Školící místnost	1201	0,83	552	11 VK - 500/1400	1065	1104	✓

2.PODLAŽÍ									
Ozn.	Teplota [°C]	Název místnosti	Q_N [W]	c	Q_T [W]	Typ tělesa	$Q_{potř.}$ [W]	$Q_{T,skut.}$ [W]	$Q_{T,skut.} > Q_{potř.}$
201	18	Hala	1716	0,84	821	11 VK - 500/2000	799	821	✓
202	20	Školící místnost	3742	0,83	1720	33 VK - 500/1800	1347	1720	✓
203	15	Sklad	822	0,86	415	10 VK - 500/1600	1057	1244	✓
205	20	Chodba	822	0,83	378	10 VK - 500/1600	1209	1511	✓
208	20	WC muži	515	0,83	237	11 VK - 500/600	154	213	✓
209	20	WC ženy	514	0,83	236	10 VK - 500/1000	184	224	✓
210	20	Archiv	1373	0,83	631	11 VK - 500/1600	1610	1893	✓
211	20	Kancelář	1564	0,83	719	21 VK - 500/1400	1952	2157	✓
212	20	Jednací místnost	1201	0,83	552	11 VK - 500/1400	992	1104	✓

Q_N výkon udávaný výrobcem pro t_{w1}/t_{w2} (75/65) [W]

Q_T výkon tělesa pro návrhové podmínky [W]

$Q_{T,skut}$ skutečný výkon tělesa [W].

Výkony těles pro dané teploty v místnostech t_i a pro $t_{w1}/t_{w2} = 50/45$

Typ tělesa	Ks	Umístěno v místnosti/tech	Cena/ks [Kč]	Celk.cena [Kč]
33 VK - 500/1800	1	202	8284	8284
21 VK - 500/1400	3	211	4349	13047
11 VK - 500/2000	1	201	4345	4345
11 VK - 500/1800	1	103	4078	4078
11 VK - 500/1600	3	210	3806	11418
11 VK - 500/1400	4	125, 212	3537	14148
11 VK - 500/1200	2	118	3269	6538
11 VKL - 500/1000	2	102	2998	5996
11 VKL - 500/600	1	111	2457	2457
10 VK - 500/1600	7	203, 205	3073	21511
10 VK - 500/1400	6	104, 109, 121	2893	17358
10 VK - 500/1000	2	117	2535	5070

Σ **33**

Σ **114250**

PŘEHLED OTOPNÝCH TĚLES				
Hala I	Ozn.	Požadovaný výkon $Q_{potř.}$ [W]	Typ tělesa	Navržený výkon $Q_{skut.}$ [W]
1.NP	102	359	11 VKL - 500/1000	375
	103	514	11 VK - 500/1800	710
	104	701	10 VK - 500/1400	727
	109	544	10 VK - 500/1400	662
	111	173	11 VKL - 500/600	213
	117	216	10 VK - 500/1000	224
	118	891	11 VK - 500/1200	947
	121	601	10 VK - 500/1400	662
	125	1065	11 VK - 500/1400	1104
2.NP	201	799	11 VK - 500/2000	821
	202	1347	33 VK - 500/1800	1720
	203	1052	10 VK - 500/1600	1244
	205	1238	10 VK - 500/1600	1511
	208	154	11 VK - 500/600	213
	209	184	10 VK - 500/1000	224
	210	1610	11 VK - 500/1600	1893
	211	1952	21 VK - 500/1400	2157
	212	992	11 VK - 500/1400	1104

4. NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

Denní potřeba teplé vody

Pro mytí osob: $V_o = \Sigma n_o \cdot V_d = 115 \cdot 0,025 + 115 \cdot 0,002 = 3,11 \text{ m}^3$

Pro mytí nádobí: $V_j = \Sigma n_j \cdot V_d = 10 \cdot 0,002 = 0,02 \text{ m}^3$

Pro úklid: $V_u = \Sigma n_u \cdot V_d = 14,98 \cdot 0,02 = 0,30 \text{ m}^3$

Celková potřeba: $V_{2p} = 3,43 \text{ m}^3$

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1) \text{ [kWh]}$$

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \text{ [kWh]}$$

Q_{2p} teplo odebrané z ohřivače TV [kWh/per]

Q_{2t} teoretické teplo odebrané z ohřivače TV [kWh/per]

Q_{2z} teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/per]

V_{2p} celková potřeba teplé vody [m^3 /per]

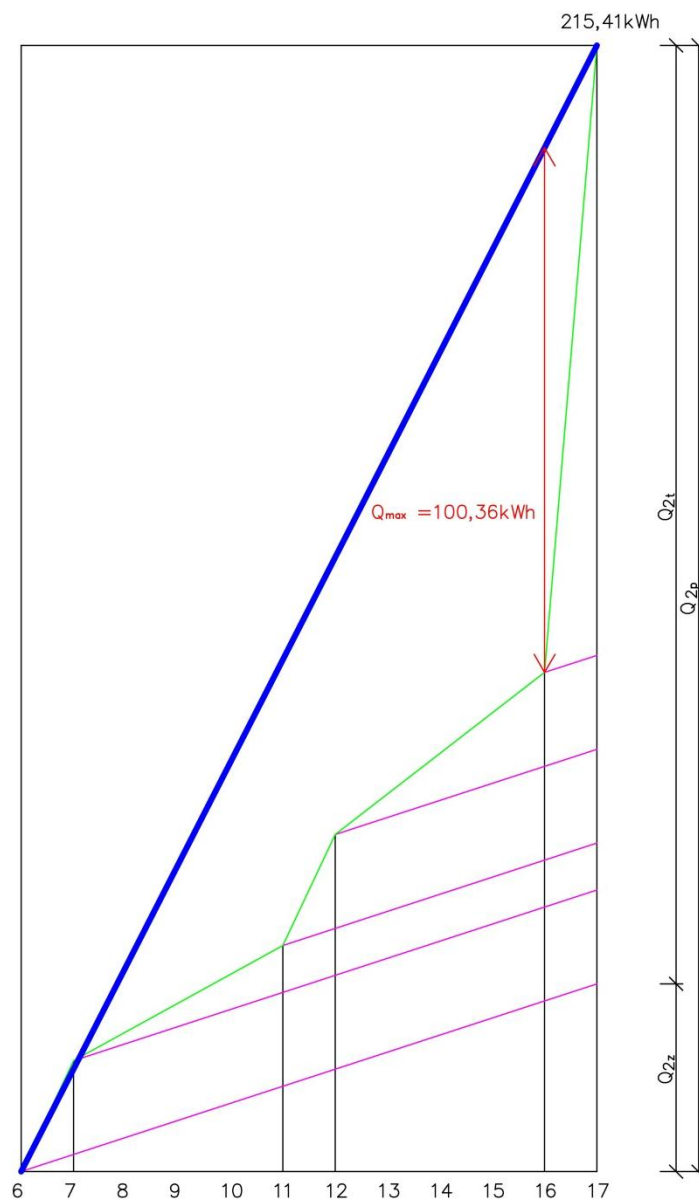
z poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci [-]

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot 3,43 \cdot 45 = 179,51 \text{ kWh/den}$$

$$Q_{2z} = 179,51 \cdot 0,2 = 35,90 \text{ kWh/den}$$

$$Q_{2p} = 179,51 + 35,90 = 215,41 \text{ kWh/den}$$

Časové rozmezí	Rozdělení	Teplo odebrané [kWh]	Teplo celkem [kWh]
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	10%	17,95	21,54
7 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	5%	8,98	10,77
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	10%	17,95	21,54
12 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	10%	17,95	21,54
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	65%	116,68	140,02



Velikost zásobníku: $V_z = \frac{Q_{max}}{1,163 \cdot \Delta t} [m^3]$

$V_z = \frac{100,36}{1,163 \cdot 45} = 1,92 m^3$ Navržen zásobník TIPEX typu TXI o objemu 2000 l

Jmenovitý výkon ohřevu: $V_{1n} = \frac{Q_1}{\tau} [kW]$

$V_{1n} = \frac{215,41}{11} = 19,6 kW$

5. DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

Dimenzační schéma s vyznačenými úseky se nachází v samostatné složce přiložené k této práci.

Hlavní větev - 123

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
1	631	108,5	14,5	15x1	77	0,23	1117	16	417	2400	3 934	3 934
2	1262	217,0	4,3	18,1	95	0,30	409	7,4	338	0	746	4 680
3	2271	390,5	2,4	22x1	92	0,35	221	5,5	337	0	558	5 238
4	3879	667,0	22,9	28x1,5	81	0,38	1855	6,7	484	0	2 339	7 577
5	4327	744,1	7,6	28x1,5	98	0,42	745	0,9	81	0	826	8 402
6	4540	780,7	27,8	28x1,5	107	0,44	2975	1,9	188	0	3 163	11 565
7	4753	817,3	6,7	28x1,5	115	0,47	767	0,9	98	0	865	12 429
8	9118	1567,9	27,2	35x1,5	112	0,55	3046	2,2	328	0	3 374	15 803
9	10914	1876,8	18,2	35x1,5	154	0,65	2803	5,5	1172	0	3 975	19 778
10	16511	2839,2	30,2	42x1,5	125	0,67	3775	8,1	1793	0	5 568	25 346

k OT v místnosti 111

11	213	36,6	9,9	12x1	42	0,13	416	10,8	91	11058(2)	507	11 565
----	-----	------	-----	------	----	------	-----	------	----	----------	-----	--------

11565-507 = 11058 Pa, 36,6 kg/h - přednastavení (2)

k OT v místnosti 208

12	213	36,6	6,0	12x1	42	0,13	252	11,1	94	8056 (3)	346	8 402
----	-----	------	-----	------	----	------	-----	------	----	----------	-----	-------

8402-346 = 8056 Pa, 36,6 kg/h - přednastavení (3)

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
13	448	77,0	3,3	15x1	43	0,16	142	7,4	98		240	7577

k OT v místnosti 117

14	224	38,5	8,0	12x1	45	0,14	360	8,5	79	6898 (3)	439	7 577
----	-----	------	-----	------	----	------	-----	-----	----	----------	-----	-------

7577-240-439 = 6898 Pa, 38,5 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 209

15	224	38,5	3,2	12x1	45	0,14	144	8,5	79	7104 (3)	223	7 577
----	-----	------	-----	------	----	------	-----	-----	----	----------	-----	-------

7577-240-233 = 7104 Pa, 38,5 kg/h - přednastavení (3)

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
16	1608	276,5	10,4	22x1	51	0,25	530	3,5	106		637	5 238
17	1135	195,2	7,2	22x1	28	0,17	202	0,9	14		215	
18	662	113,8	8,2	18x1	31	0,16	254	11,3	141		396	

k OT v místnosti 121 - 1

19	331	56,9	6,7	15x1	26	0,12	174	5,9	43	3773 (4)	217	5 238
----	-----	------	-----	------	----	------	-----	-----	----	----------	-----	-------

5238-637-215-396-217 = 3773 Pa, 56,9 kg/h - přednastavení (4)

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
-----	-------	----------	-------	----------	----------	---------	----------	-------	--------	-----------------------	-----------------------------	------------------------

k OT v místnosti 121 - 2

20	331	56,9	0,2	15x1	26	0,12	5	3,3	24	3961 (4)	29	5 238
----	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----	-------

5238-637-215-396-29 = 3961 Pa, 56,9 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 118 - 1

21	473	81,3	0,2	15x1	47	0,17	9	3,3	49	4328 (4)	58	5 238
----	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----	-------

5238-637-215-58 = 4328 Pa, 81,3 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 118 - 2

22	473	81,3	0,2	15x1	47	0,17	9	3,3	49	4543 (4)	58	5 238
----	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----	-------

5238-637-58 = 4543 Pa, 81,3 kg/h - přednastavení (4)

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
23	1009	173,5	5,8	22x1	23	0,15	133	0,9	11		144	4 680

k OT v místnosti 205

24	378	65,0	12,2	15x1	32	0,14	390	16,3	153	3993 (4)	543	4 680
----	-----	------	------	------	----	------	-----	------	-----	----------	-----	-------

4680-144-543 = 3993 Pa, 65,0 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 210 - 1

25	631	108,5	0,2	18x1	29	0,15	6	3,3	38	4493 (5)	43	4 680
----	-----	-------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----	-------

4680-144-43 = 4493 Pa, 108,5 kg/h - přednastavení (5)

k OT v místnosti 210 - 2

26	631	108,5	0,2	18x1	29	0,15	6	3,3	38	3891 (6)	43	3 934
----	-----	-------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----	-------

3934-43 = 3891 Pa, 108,5 kg/h - přednastavení (6)

Větev 2 - ABC - $\Delta P_{DIS} = 19\,778\text{ Pa}$

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
A	415	71,4	16,0	15x1	38	0,15	608	16,9	191		799
B	830	142,7	14,4	18x1	47	0,20	677	9	178		855
C	1245	214,1	15,0	22x1	33	0,19	495	11,6	212		707
D	2965	509,9	6,9	28x1,5	51	0,29	353	1,2	51		404
E	3786	651,0	2,2	28x1,5	78	0,37	172	5,2	358		529
F	5597	962,5	24,2	35x1,5	48	0,34	1162	3,9	219		1 381

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
G	1811	311,4	6,4	28x1,5	22	0,18	141	2,6	41		182
H	726	124,8	6,6	18x1	37	0,17	244	2,9	44		288

k OT v místnosti 104 - 1

I	363	62,4	15,6	15x1	30	0,13	468	16,9	145	17314 (3)	613
---	-----	------	------	------	----	------	-----	------	-----	-----------	-----

19778-1381-182-288-613 = 17314 Pa, 62,4 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 104 - 2

J	363	62,4	0,2	15x1	30	0,13	6	3,3	28	17893 (3)	34
---	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	-----------	----

19778-1381-182-288-34 = 17893 Pa, 62,4 kg/h - přednastavení (3)

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
K	1085	186,6	7,2	22x1	26	0,17	187	10,7	148		336

k OT v místnosti 102

L	375	64,5	13,8	15x1	32	0,14	442	16,9	156	17283 (3)	598
---	-----	------	------	------	----	------	-----	------	-----	-----------	-----

19778-1381-182-336-598 = 17283 Pa, 64,5 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 103

M	710	122,1	0,2	18x1	36	0,17	7	3,3	48	17824 (4)	55
---	-----	-------	-----	------	----	------	---	-----	----	-----------	----

19778-1381-182-336-55 = 17824 Pa, 122,1 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 203 - 2

N	415	71,4	0,2	15x1	38	0,15	8	3	34	15860 (3)	42
---	-----	------	-----	------	----	------	---	---	----	-----------	----

19778-1381-529-404-707-855-42 = 15860 Pa, 71,4 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 203 - 3

O	415	71,4	0,2	15x1	38	0,15	8	3,3	37	16712 (3)	45
---	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	-----------	----

19778-1381-529-404-707-45 = 16712 Pa, 71,4 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 202

P	1720	295,8	0,2	22x1	57	0,26	11	3,3	115	17338 (6)	126
---	------	-------	-----	------	----	------	----	-----	-----	-----------	-----

19778-1381-529-404-126 = 17338 Pa, 295,8 kg/h - přednastavení (6)

k OT v místnosti 201

Q	821	141,2	7,0	18x1	46	0,20	322	16,3	315	17231 (4)	637
---	-----	-------	-----	------	----	------	-----	------	-----	-----------	-----

19778-1381-529-637 = 17231 Pa, 141,2 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 203 - 1

A	415	71,4	16,0	15x1	38	0,15	608	16,9	191	15103 (3)	799
---	-----	------	------	------	----	------	-----	------	-----	-----------	-----

19778-1381-529-404-707-855-799 = 15103 Pa, 71,4 kg/h - přednastavení (3)

Větev 3 - I.II.III. - $\Delta P_{DIS} = 15\,803\text{ Pa}$

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
I	378	65,0	13,2	15x1	32	0,14	422	3,9	38		460
II	756	130,0	13,2	18x1	40	0,18	528	1,2	20		548
III	1134	195,0	9,2	18x1	80	0,27	736	3,5	130		866
IV	1796	308,8	9,1	22x1	61	0,27	553	2,9	108		661

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
V	662	113,8	10,7	18x1	31	0,16	332	2,9	36		368

k OT v místnosti 109 - 1

VI	331	56,9	5,2	15x1	26	0,12	135	3,9	28	14611 (3)	163
----	-----	------	-----	------	----	------	-----	-----	----	-----------	-----

15803-661-368-163 = 14611 Pa, 56,9 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 109 - 2

VII	331	56,9	0,2	15x1	26	0,12	5	3,3	24	14745 (3)	29
-----	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	-----------	----

15803-661-368-29 = 14745 Pa, 56,9 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 205 - 2

VIII	378	65,0	0,2	15x1	32	0,14	6	3,3	31	13691 (3)	37
------	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	-----------	----

15803-661-866-548-37 = 13691 Pa, 65,0 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 205 - 3

IX	378	65,0	0,2	15x1	32	0,14	6	3,3	31	14239 (3)	37
----	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	-----------	----

15803-661-866-37 = 14239 Pa, 65,0 kg/h - přednastavení (3)

k OT v místnosti 205 - 1

I	378	65,0	13,2	15x1	32	0,14	422	3,9	38	13268 (3)	460
---	-----	------	------	------	----	------	-----	-----	----	-----------	-----

15803-661-866-548-460 = 13268 Pa, 65,0 kg/h - přednastavení (3)

Větev 4 - abc - $\Delta P_{DIS} = 12\,429\text{ Pa}$

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
a	552	94,9	5,2	18x1	23	0,13	119,6	6,5	56,5		176
b	1104	189,8	12,4	22x1	27	0,17	334,8	11,6	166,4		501
c	1823	313,5	7,2	22x1	63	0,28	452,34	0,9	35,1		487
d	3261	560,8	2,2	28x1,5	60	0,32	132	6,4	328,3		460
e	4365	750,6	23,0	28x1,5	100	0,43	2297	1,9	173,7		2 471

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
f	1104	189,8	10,3	22x1	27	0,17	279	6,4	92		370

k OT v místnosti 125 - 1

g	552	94,9	5,6	18x1	23	0,13	129	6,5	57	9403 (4)	185
---	-----	------	-----	------	----	------	-----	-----	----	----------	-----

12429-2471-370-185 = 9403 Pa, 94,9 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 125 - 2

h	552	94,9	0,2	18x1	23	0,13	5	3,3	29	9555 (4)	33
---	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----

12429-2471-370-33 = 9555 Pa, 94,9 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 212 - 2

i	552	94,9	0,2	18x1	23	0,13	5	3,3	29	8477 (4)	33
---	-----	------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----

12429-2471-460-487-501-33 = 8477 Pa, 94,9 kg/h - přednastavení (4)

k OT v místnosti 211 - 1

j	719	123,6	0,2	18x1	36	0,17	7	3,3	48	8956 (5)	55
---	-----	-------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----

12429-2471-460-487-55 = 8956 Pa, 123,6 kg/h - přednastavení (5)

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp_{RV} [Pa]	$R*I+Z+\Delta p_{RV}$ [Pa]
k	1438	247,3	4,8	22x1	42	0,22	202	8,1	197		399

k OT v místnosti 211 - 2

l	719	123,6	5,6	18x1	36	0,17	202	6,5	95	8802 (5)	297
---	-----	-------	-----	------	----	------	-----	-----	----	----------	-----

12429-2471-460-399-297 = 8802 Pa, 123,6 kg/h - přednastavení (5)

k OT v místnosti 211

m	719	123,6	0,2	18x1	36	0,17	7	3,3	48	9044 (5)	55
---	-----	-------	-----	------	----	------	---	-----	----	----------	----

12429-2471-460-399-55 = 9044 Pa, 123,6 kg/h - přednastavení (5)

k OT v místnosti 212 - 1

a	552	94,9	5,2	18x1	23	0,13	120	6,5	57	8334(4)	176
---	-----	------	-----	------	----	------	-----	-----	----	---------	-----

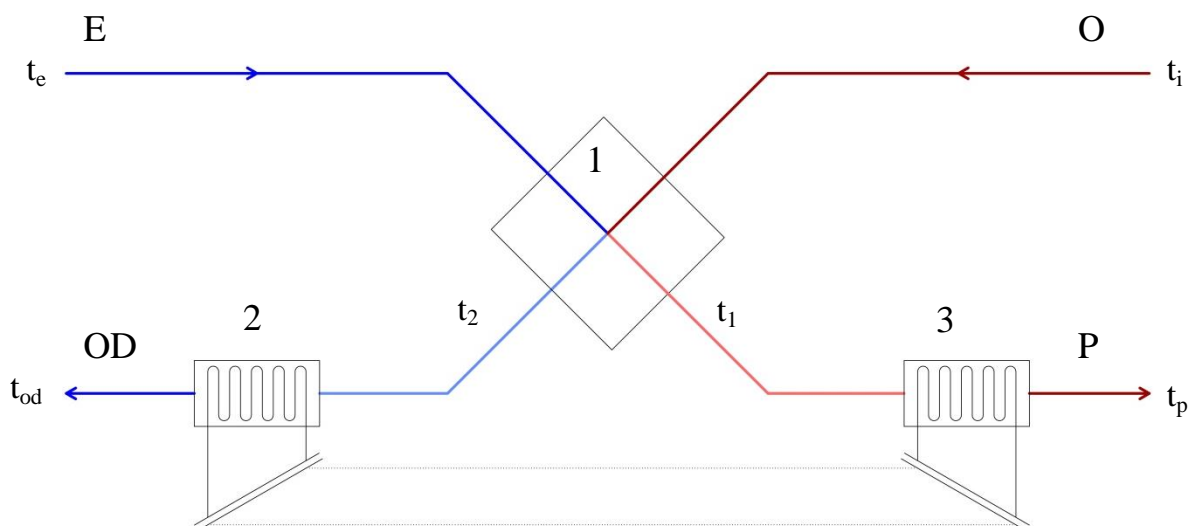
12429-2471-460-487-501-176 = 8334 Pa, 94,9 kg/h - přednastavení (4)

6. VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA

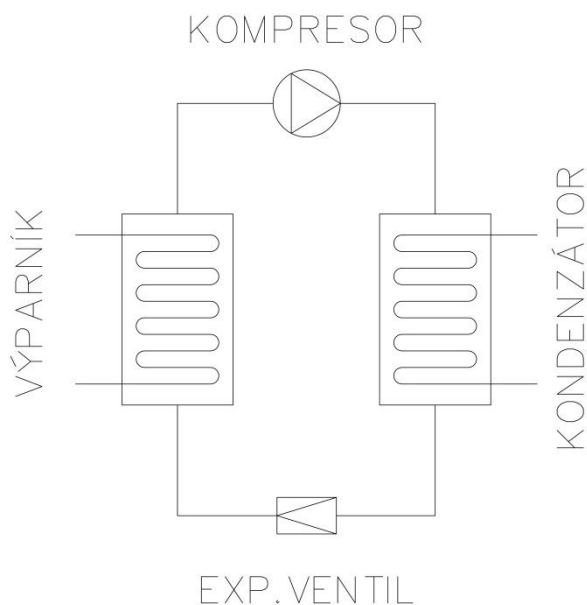
Koncepce využití odpadního tepla, kterou by bylo možné aplikovat v hale II, jež slouží jako výrobní, vychází z fikčně umístěných vstřikovacích lisů pro výrobu plastových výlisků ve zmíněné hale. Použita by byla kompaktní vzduchotechnická jednotka s integrovaným tepelným čerpadlem vzduch/vzduch s průtokem vzduchu 25 000 m³/h, což by zaručovalo dvojnásobnou výměnu vzduchu. Toto integrované tepelné čerpadlo má reversibilní chod a je tedy možné ho využít jak pro vytápění, tak i pro chlazení.

Zimní provoz

Vzduch z haly (O) o teplotě t_i by byl nasáván vzduchotechnickou jednotkou s deskovým rekuperátorem (1), kde by došlo k předehřevu venkovního vzduchu (E) na teplotu t_1 . Následně by vzduch o teplotě t_2 obtékal výparník (2), umístěný za ZZT, kde by docházelo k získání další tepelné energie, která by byla díky kondenzátoru (3), umístěném v přívodním potrubí, zužitkována na dohřátí přiváděného vzduchu (P) na teplotu t_p . Odpadní vzduch (OD) o teplotě t_{od} by byl odváděn do exteriéru.

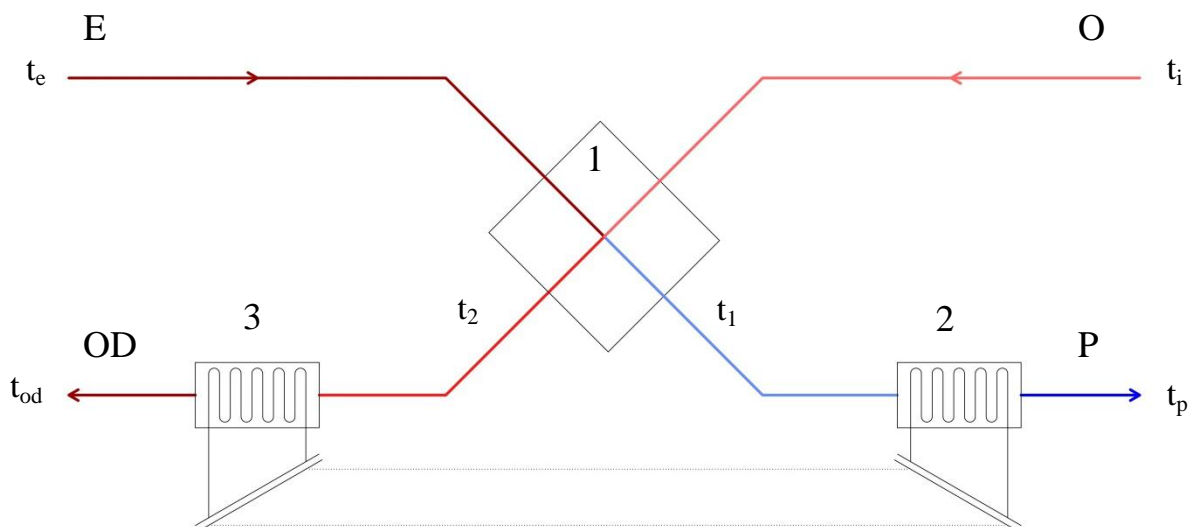


Platí: $t_p > t_1 > t_e$
 $t_i > t_2 > t_{od}$

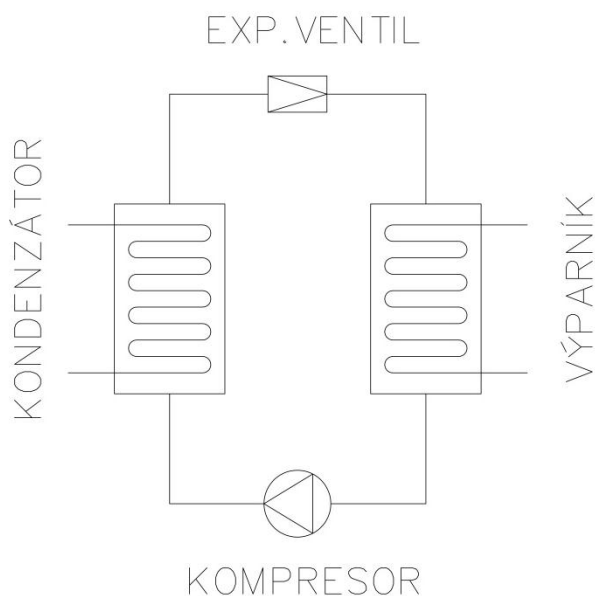


Letní provoz

Teplota v letních měsících může šplhat nad 30°C. Horký vzduch by musel být strojně chlazen, což s sebou nese velkou spotřebu energie. V tomto případě by venkovní vzduch (E) o teplotě t_e proudil deskovým rekuperátorem (1), kde by se částečně ochladil díky vzduchu z haly (O) který má teplotu t_i . Další ochlazení z teploty t_1 by proběhlo díky výparníku (2), který by předal teplo do odpadního vzduchu za pomoci kondenzátoru (3).

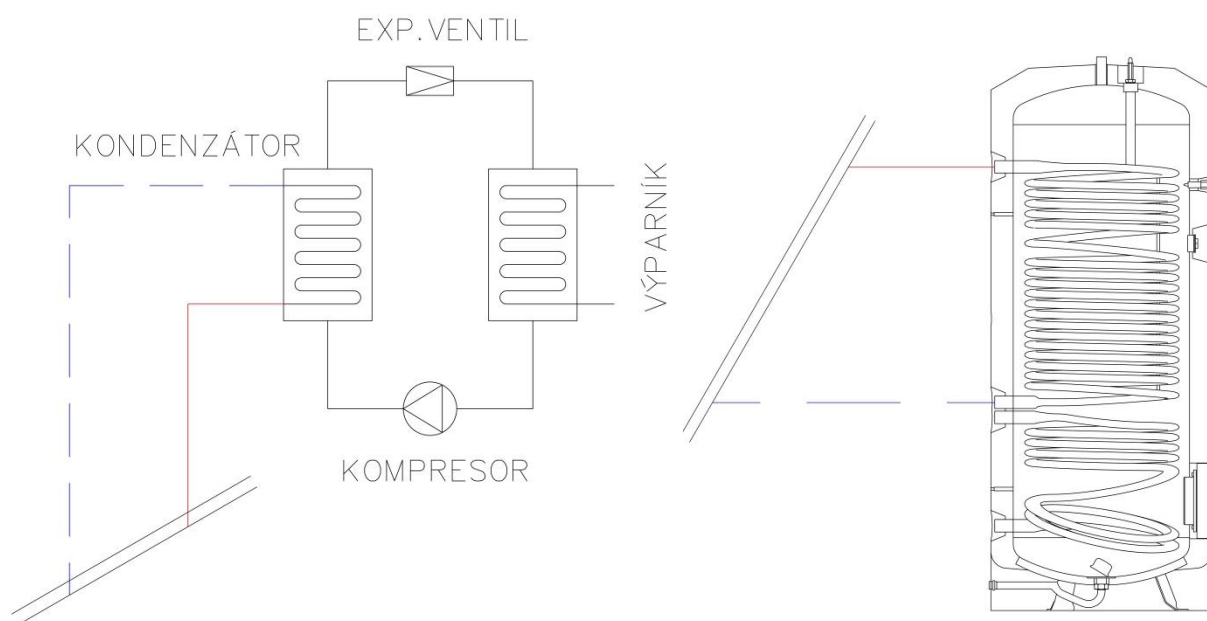


Platí: $t_p < t_1 < t_e$
 $t_i < t_2 < t_{od}$



Příprava teplé vody

Vzduchotechnická jednotka s integrovaným tepelným čerpadlem vzduch/vzduch dokáže pomocí ZZT vzduch předehřát a následně dohřát díky TČ. Nabízí se ale také možnost vzduchotechnické jednotky s tepelným čerpadlem vzduch/voda, které by odpadní teplo zužitkovalo na přípravu teplé vody.



V zimním režimu je uvažováno, že potřeby tepla, včetně přípravy teplé vody, zajišťují navržené plynové kotle. V letním režimu, kdy je třeba zdroj pouze na přípravu teplé vody, jsou navržené kotle předimenzované a jejich spodní výkonový rozsah nedovoluje pokrytí potřeby TV. Východiskem by mohlo být právě tepelné čerpadlo vzduch/voda osazené do vzduchotechnické jednotky. Toto zařízení je však atypické a nejedná se o kompaktní vzduchotechnickou jednotku s TČ vzduch/vzduch, jejíž princip byl popsán výše.

7. VZDUCHOVÉ CLONY

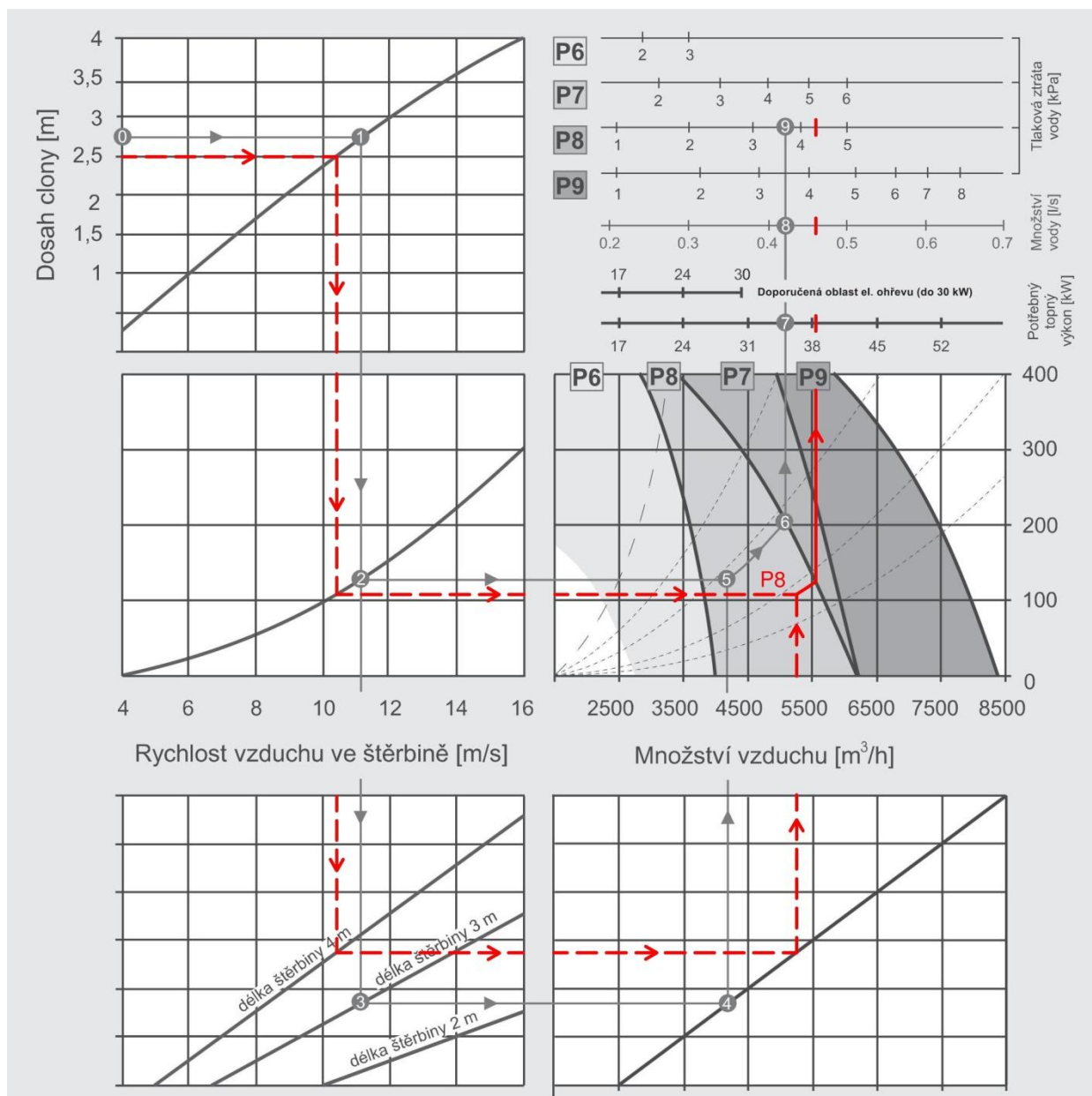
V hale II a III jsou navrženy vratové vzduchové clony za účelem potlačení volného proudění vzduchu mezi vnitřním a vnějším prostředím. Další funkcí clony je smíchání zbylého proniklého vzduchu se vzduchem ohřátým v prostoru instalace clony.

Zvoleny byly průmyslové clony DoorMaster řady P ve vertikálním provedení s délkou štěrbin 4 metry. Při šířce vrat 5 metrů by jedna vzduchová clona nestačila, proto u každých vrat jsou osazeny dvě clony s dosahem 2,5 metru. Dohromady je tedy v objektu navrženo 6 clon, konkrétně typ P–8W–400. Písmeno W označuje druh ohřevu, kterým je v tomto případě ohřev vodní. Nabízeny jsou i clony využívající elektrický ohřev nebo clony bez ohřevu. Třída filtrace u zvolených clon G3, šířka jedné clony 800 mm, hloubka 500 mm a celková výška 5740 mm. Výkon ohříváče není potřeba regulovat, pouze se spouští či vypíná čerpadlo. K ovládání, regulaci, kontrole, napájení a jištění vratových clon slouží řídicí jednotky VCP–W.

7.1. Návrh vzduchové clony

Při návrhu se první volí dosah clony. U každých vrat, jejichž šířka je 5 metrů, jsou osazeny dvě clony.

1. Zvolen dosah jedné clony 2,5 metru.
2. Úsečka ke křivce, která značí normální provozní podmínky
3. Svislice vedená od průsečíků vymezí rychlost vzduchu ve štěrbině
4. Jsou vedeny dvě úsečky – jedna vodorovná, určující tlakovou ztrátu štěrbin, druhá svisle ke křivkám s délkou výstupní štěrbin
5. Od zvolené délky štěrbin, která odpovídá výšce vrat, se vede vodorovná čára, vymezující průsečík na dané křivce
6. Od tohoto průsečíku je vedena úsečka vzhůru a po protnutí vodorovné úsečky, sestrojené v bodu 5 dostáváme vhodnou velikost clony
7. Prodloužením po parabole na plnou křivku dostáváme reálný bod, kterému odpovídá potřebný topný výkon a jiné parametry



Údaje platí pro 1 clonu

Potřebný topný výkon:	$Q = 38,2 \text{ kW}$
Tlaková ztráta na straně vody:	$p = 4300 \text{ Pa}$
Rychlost vzduchu ve štěrbině:	$v = 10,4 \text{ m/s}$
Množství vzduchu:	$V = 5250 \text{ m}^3/\text{h}$
Množství vzduchu pro reálný bod:	$V_r = 5550 \text{ m}^3/\text{h}$

7.2. Dimenzování

Dimenzační schéma s vyznačenými úseky pro vzduchové clony se nachází ve složce přiložené k této práci.

Vzduchové clony - 127,131 (4 clony)												
č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{clony} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
1	38200	2189,6	13,4	50	23	0,29	308	6,1	249	4300	4 857	4857
2	76400	4379,3	57,7	65	23	0,34	1327	35	2027		3 354	8211
3	114600	6568,9	13,4	65	50	0,51	670	6,1	794		1 464	9675
4	152800	8758,5	27,7	65	88	0,68	2438	15,6	3614		6 052	15727
5	38200	2189,6	2,0	50	23	0,29	46	2,9	118	4300	4 464	4857
6	38200	2189,6	2,0	50	23	0,29	46	2,9	118	4300	4 464	8211
7	38200	2189,6	2,0	50	23	0,29	46	2,9	118	4300	4 464	9675
Vzduchové clony - 127 (2 clony)												
č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{clony} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
a	38200	2189,6	13,4	50	23	0,29	308	6,1	249	4300	4 857	4857
b	76400	4379,3	148,8	65	23	0,34	3422	39,7	2299		5 721	10578
c	38200	2189,6	2,0	50	23	0,29	46	2,9	118	4300	4 464	4857

7.3. Vyvažovací ventily

Vyvažovací ventily					
Větev	Úsek	m [kg/h]	DN [mm]	Δp [Pa]	Nastavení
123	5	2189,6	50	393	4
	6	2189,6	50	3747	2
	7	2189,6	50	5211	2
abc	c	2189,6	50	393	4

8. VARIANTA A

Závěsné sálavé panely

V této první variantě – varianta A, byl proveden návrh závěsných sálavých panelů. Tímto způsobem je vytápěna hala II, přesněji místnosti 127, dále pak místnosti 130 až 133, nacházející se v objektu označovaném jako hala III. Při navrhování závěsných sálavých panelů je nutné určit požadovaný tepelný výkon, kdy se při výpočtu musí respektovat úpravy dle níže uvedených vztahů [38].

Celkový tepelný výkon:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot p \text{ [W]}$$

Q_1	tepelná ztráta podlahy [W]
Q_2	tepelná ztráta obvodových konstrukcí do roviny/nad rovinou panelů [W]
Q_3	tepelná ztráta střešní konstrukce [W]
Q_4	tepelná ztráta infiltrací [W]
p	přirážka na zátop (zohledňuje pracovní týden a pracovní směny) [–]

Tepelná ztráta podlahy:

$$Q_1 = A \cdot \Lambda \cdot (t_{ip} - t_{ez}) \text{ [W]}$$

A	plocha podlahy [m^2]
Λ	tepelná převodnost [W/m^2K]
t_{ip}	povrchová teplota podlahy [$^{\circ}C$]
t_{ez}	teplota pod podlahou [$^{\circ}C$]

Tepelná převodnost:

$$\Lambda = \frac{\alpha \cdot U}{\alpha - U} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

α	přestupní součinitel na povrchu podlahy (uvažována hodnota $\alpha = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$)
U	součinitel prostupu tepla [W/m^2K]

Povrchová teplota podlahy:

$$t_{ip} = t_g + \Delta t \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

t_g	globální teplota [$^{\circ}C$]
Δt	korekční rozdíl [$^{\circ}C$]

Tepelná ztráta obalových konstrukcí:

$$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} [W]$$

Q_{21} tepelná ztráta obvodového pláště do roviny zavěšení panelů [W]

Q_{22} tepelná ztráta nad rovinou zavěšení panelů [W]

$$Q_{2i} = A_{2i} \cdot U \cdot (t_{2i} - t_e) [W]$$

A_{2i} plocha konstrukcí do či nad rovinu zavěšení panelů [m^2]

U součinitel prostupu tepla [W/m^2K]

t_{2i} teplota do či nad rovinu zavěšení [$^{\circ}C$]

t_e výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

Tepelná ztráta střešní konstrukce:

$$Q_3 = A \cdot U \cdot (t_3 - t_e) [W]$$

A plocha střešní konstrukce [m^2]

U součinitel prostupu tepla [W/m^2K]

t_3 teplota nad rovinou panelů (díky konv. složce vrstva teplejšího vzduchu) [$^{\circ}C$]

Tepelná ztráta infilrací:

Výpočet se provádí dle vztahů z ČSN s výjimkou výpočtové venkovní teploty, která je stanovena a ve výpočtech použita následovně:

$$t_{e,inf} = t_e - 8 [^{\circ}C]$$

8.1. Návrh závěsných sálavých panelů

Místnost 127 - Výroba

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot p$$

Tepelná ztráta podlahy - Q_1							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	α	Λ	t_g	Δt_1
PDL	Podlaha	1429,4	0,31	5,8	0,328	18	2,0
$Q_1 = A_k \cdot \Lambda \cdot (t_i - t_{eZ})$							
$Q_1 =$		7490					W

Tepelná ztráta obvodových konstrukcí - Q_2							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	t_{i21}	g_1	t_{i22}	g_2
Q_{21}	Do výše roviny panelů	prom	prom	17,07	0,50	-	-
Q_{22}	Nad rovinou panelů	167,6	0,11	-	-	18,07	2,0
$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = [A_{21} \cdot U \cdot (t_{i21} - t_e) - A_{22} \cdot U \cdot (t_{i22} - t_e)]$							
$Q_2 =$		1362					W

Tepelná ztráta střechou - Q ₃							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U	t _{i21}	g ₂	t _i	t _e
SCH	Střešní plášť	1333,4	0,21	17,07	2,0	19,07	-12
OS	Světlík	96,0	1,6				
Q ₃ = Σ[A*U*(t _i -t _e)]							
Q ₃ =		13473					W

Tepelná ztráta infiltrací - Q ₄						
Objem místnosti [m ³]	n ₅₀	e	ε	t _i	t _e	t _{e,inf}
12864,6	1	0,05	1	16	-12	-20
Množství vzduchu infiltrací				V _{inf,i} =	1286,5	m ³ /h
Q ₄ = V _{inf,i} * ρ * c * (t _i -t _{e,inf})						
Q ₄ =		15746				W

Σ Tepelných ztrát	$Q_\Sigma = 45685 \text{ W}$
--	--

Korekční součinitel f_1 - závislost na výšce zavěšení, $h > 6 \text{ m}$

$$Q_{kor} = Q_\Sigma \cdot f_1$$

$$Q_{kor} = \underline{\underline{50253 \text{ W}}}$$

Místnost 130 - Sklad materiálu

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot p$$

Tepelná ztráta podlahy - Q_1							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	α	Λ	t_g	Δt_1
PDL	Podlaha	404,0	0,31	5,8	0,328	18	1,5
$Q_1 = A_k \cdot \Lambda \cdot (t_i - t_{eZ})$							
		$Q_1 =$	2051				W

Tepelná ztráta obvodových konstrukcí - Q_2							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	t_{i21}	g_1	t_{i22}	g_2
Q_{21}	Do výše roviny panelů	prom	prom	17,08	0,50	-	-
Q_{22}	Nad rovinou panelů	prom	prom	-	-	18,08	2,0
$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = [A_{21} \cdot U \cdot (t_{i21} - t_e) - A_{22} \cdot U \cdot (t_{i22} - t_e)]$							
		$Q_2 =$	670				W

Tepelná ztráta střechou - Q ₃							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U	t _{i21}	g ₂	t _i	t _e
SCH	Střešní plášť	374,0	0,14	17,08	2,0	19,08	-12
OS	Světlík	30,0	1,6				
Q ₃ = Σ[A*U*(t _i -t _e)]							
Q ₃ =		3119					W

Tepelná ztráta infiltrací - Q ₄						
Objem místnosti [m ³]	n ₅₀	e	ε	t _i	t _e	t _{e,inf}
3232,3	1	0,05	1	18	-12	-20
Množství vzduchu infiltrací				V _{inf.i} =	323,2	m ³ /h
Q ₄ = V _{inf.i} * ρ * c * (t _i -t _{e,inf})						
Q ₄ =		4176				W

Σ Tepelných ztrát	$Q_\Sigma = 12019 \text{ W}$
--	--

Korekční součinitel f_1 - závislost na výšce zavěšení, $h > 6 \text{ m}$

$$Q_{kor} = Q_\Sigma \cdot f_1$$

$$Q_{kor} = \underline{\underline{12981}} \text{ W}$$

Místnost 131 - Zásobování

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot p$$

Tepelná ztráta podlahy - Q_1							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	α	Λ	t_g	Δt_1
PDL	Podlaha	261,5	0,31	5,8	0,328	16	1,5
$Q_1 = A_k \cdot \Lambda \cdot (t_i - t_{eZ})$							
$Q_1 =$		1156					W

Tepelná ztráta obvodových konstrukcí - Q_2							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	t_{i21}	g_1	t_{i22}	g_2
Q_{21}	Do výše roviny panelů	prom	prom	15,08	0,50	-	-
Q_{22}	Nad rovinou panelů	prom	prom	-	-	16,08	2,0
$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = [A_{21} \cdot U \cdot (t_{i21} - t_e) - A_{22} \cdot U \cdot (t_{i22} - t_e)]$							
$Q_2 =$		2803					W

Tepelná ztráta střechou - Q ₃							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U	t _{i21}	g ₂	t _i	t _e
SCH	Střešní plášť	240,5	0,14	15,08	2,0	17,08	-12
OS	Světlík	21,0	1,6				
Q ₃ = Σ[A*U*(t _i -t _e)]							
Q ₃ =		1956					W

Tepelná ztráta infiltrací - Q ₄						
Objem místnosti [m ³]	n ₅₀	e	ε	t _i	t _e	t _{e,inf}
2091,6	1	0,05	1	15	-12	-20
Množství vzduchu infiltrací				V _{inf.i} =	209,2	m ³ /h
Q ₄ = V _{inf.i} * ρ * c * (t _i - t _{e,inf})						
Q ₄ =		2489				W

Σ Tepelných ztrát	$Q_\Sigma = 10085 \text{ W}$
--	--

Korekční součinitel f_1 - závislost na výšce zavěšení, $h > 6 \text{ m}$

$$Q_{kor} = Q_\Sigma \cdot f_1$$

$$Q_{kor} = \underline{\underline{10892 \text{ W}}}$$

Místnost 132 - Sklad obalů

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot p$$

Tepelná ztráta podlahy - Q_1							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	α	Λ	t_g	Δt_1
PDL	Podlaha	149,4	0,31	5,8	0,328	18	1,5
$Q_1 = A_k \cdot \Lambda \cdot (t_i - t_{eZ})$							
$Q_1 =$		758					W

Tepelná ztráta obvodových konstrukcí - Q_2							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	t_{i21}	g_1	t_{i22}	g_2
Q_{21}	Do výše roviny panelů	prom	prom	17,08	0,50	-	-
Q_{22}	Nad rovinou panelů	prom	prom	-	-	18,08	2,0
$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = [A_{21} \cdot U \cdot (t_{i21} - t_e) - A_{22} \cdot U \cdot (t_{i22} - t_e)]$							
$Q_2 =$		2401					W

Tepelná ztráta střechou - Q ₃							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U	t _{i21}	g ₂	t _i	t _e
SCH	Střešní plášť	137,4	0,14	17,08	2,0	19,08	-12
OS	Světlík	12,0	1,6				
Q ₃ = Σ[A*U*(t _i -t _e)]							
Q ₃ =		1195					W

Tepelná ztráta infiltrací - Q ₄						
Objem místnosti [m ³]	n ₅₀	e	ε	t _i	t _e	t _{e,inf}
1195,2	1	0,05	1	18	-12	-20
Množství vzduchu infiltrací				V _{inf,i} =	119,5	m ³ /h
Q ₄ = V _{inf,i} * ρ * c * (t _i - t _{e,inf})						
Q ₄ =		1544				W

Σ Tepelných ztrát $Q_\Sigma = 7078 \text{ W}$

Korekční součinitel f_1 - závislost na výšce zavěšení, $h > 6 \text{ m}$

$$Q_{kor} = Q_\Sigma \cdot f_1$$

$$Q_{kor} = \underline{7644} \text{ W}$$

Místnost 133 - Sklad výrobků

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot p$$

Tepelná ztráta podlahy - Q_1							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	α	Λ	t_g	Δt_1
PDL	Podlaha	303,0	0,31	5,8	0,328	18	1,5
$Q_1 = A_k \cdot \Lambda \cdot (t_i - t_{eZ})$							
$Q_1 =$		1538					W

Tepelná ztráta obvodových konstrukcí - Q_2							
č.kce	popis	$A_k [m^2]$	U	t_{i21}	g_1	t_{i22}	g_2
Q_{21}	Do výše roviny panelů	prom	prom	17,08	0,50	-	-
Q_{22}	Nad rovinou panelů	prom	prom	-	-	18,08	2,0
$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = [A_{21} \cdot U \cdot (t_{i21} - t_e) - A_{22} \cdot U \cdot (t_{i22} - t_e)]$							
$Q_2 =$		560					W

Tepelná ztráta střechou - Q ₃							
č.kce	popis	A _k [m ²]	U	t _{i21}	g ₂	t _i	t _e
SCH	Střešní plášť	279,0	0,14	17,08	2,0	19,08	-12
OS	Světlík	24,0	1,6				
Q ₃ = Σ[A*U*(t _i -t _e)]							
Q ₃ =		2407					W

Tepelná ztráta infiltrací - Q ₄						
Objem místnosti [m ³]	n ₅₀	e	ε	t _i	t _e	t _{e,inf}
2423,8	1	0,05	1	18	-12	-20
Množství vzduchu infiltrací				V _{inf,i} =	242,4	m ³ /h
Q ₄ = V _{inf,i} * ρ * c * (t _i - t _{e,inf})						
Q ₄ =		3131				W

Σ Tepelných ztrát $Q_\Sigma = 9164 \text{ W}$

Korekční součinitel f_1 - závislost na výšce zavěšení, $h > 6 \text{ m}$

$$Q_{kor} = Q_\Sigma \cdot f_1$$

$$Q_{kor} = \underline{9897} \text{ W}$$

Závěsné sálavé panely se navrhovaly na potřebné, výše uvedené, tepelné výkony s tím, že u každého návrhu je třeba posoudit hygienické hledisko – intenzitu osálení v místě pobytu člověka. Hodnota by neměla přesahovat 200 W/m^2 . Dále je nutno posoudit výšku zavěšení panelů a s tím související střední teplotu média, jež proudí moduly a nesmí v tomto případě přesáhnout teplotu $t_m = 70^\circ\text{C}$. Z hlediska výrobního je dalším krokem kontrola rychlosti proudění média a minimální množství teplonosné látky protékající otopnou trubkou. Ve všech uvažovaných místnostech jsou panely zavěšovány vodorovně, a proto je třeba dodržet minimální rychlost $w_{\min.} = 0,15 \text{ m/s}$ a množství teplonosné látky $m_{\min.} = 250 \text{ kg/h}$.

Místnost 127 - Výroba			
$Q_{\text{kor}} = 50\,253 \text{ W}$			
Počet navržených pásů	n_p	4	-
Počet topných okruhů	p_o	2	-
Délka jednoho pásu	L_1	54	m
Celková délka pásů	L_c	216	m
Šířka sálavého panelu	b	450	mm
Plocha panelů	S_p	97,2	m^2
Plocha podlahy	S_1	1429,4	m^2
Tepelný výkon panelu	q	256	W/m
Tepelný výkon pásu	Q_p	13824	W
Výkon topného okruhu	Q_o	27648	W
Tepelný výkon celkový	Q_Σ	55296	W

Jeden pás sestává z několika sálavých panelů o typových délkách 2000, 3000, 4000 nebo 6000 mm. V tomto případě se v pásu nachází vždy 9 panelů o délce 6000 mm.

Posouzení intenzity osálení:

$$I_s = \frac{Q_\Sigma \cdot \alpha_s}{S_1} \quad [W/m^2]$$

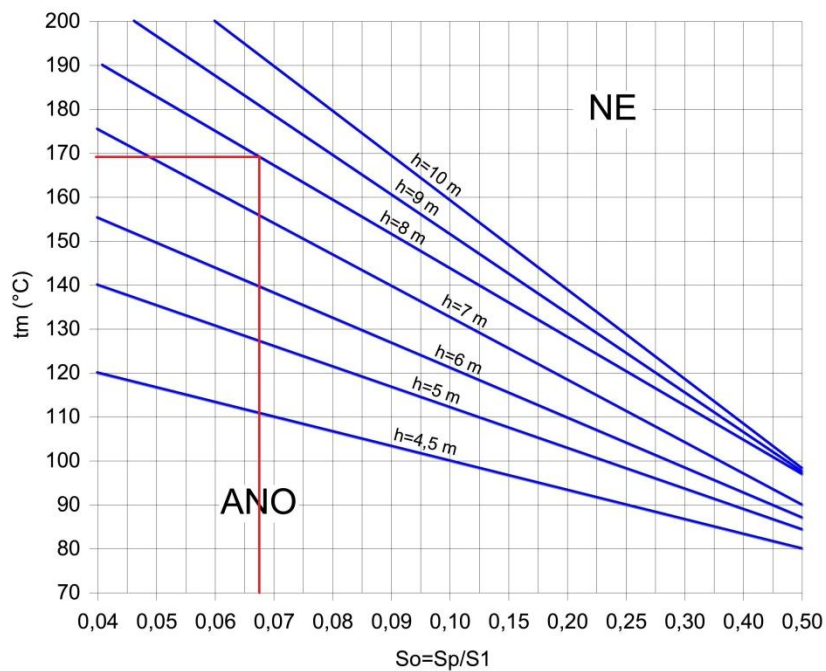
Q_Σ celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

α_s sálavá účinnost ($\alpha_s = 0,69$ pro střední teplotu média $t_m < 80^\circ\text{C}$) [–]

S_1 plocha podlahy [m^2]

$$I_s = \frac{55296 \cdot 0,69}{1429,4} = 26,7 \text{ W/m}^2 < 200 \text{ W/m}^2$$

Výška zavěšení panelů: $h = 8 \text{ m}$



S_o poměr zakrytí podlahové plochy [m^2]

S_p plocha sálavých panelů [m^2]

S_1 plocha podlahy [m^2]

t_m střední teplota média [$^{\circ}C$]

h výška zavěšení panelů [m]

$$S_o = \frac{97,2}{1429,4} = 0,068$$

Množství teplotnosné látky protékající otopnou trubicí:

$$m = \frac{0,86 \cdot Q_o}{\Delta t} \text{ [kg/h]}$$

Q_{Σ} celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

Δt teplotní rozdíl přívodní a vratné vody [$^{\circ}C$]

$$m = \frac{0,86 \cdot 27648}{20} = 1188,86 \text{ kg/h}$$

Panel má šířku 450 mm, modul je po 150 mm a tedy panel obsahuje 3 otopné trubky, do kterých se dané množství rozdělí, proto průtok jednou trubicí činí $m = 396,29 \text{ kg/h}$ při rychlosti $w = 0,23 \text{ m/s}$.

Místnost 130 - Sklad materiálu			
$Q_{kor} = 12\,981\text{ W}$			
Počet navržených pásů	n_p	4	-
Počet topných okruhů	p_o	1	-
Délka jednoho pásu	L_1	22	m
Celková délka pásů	L_c	88	m
Šířka sálavého panelu	b	300	mm
Plocha panelů	S_p	26,4	m^2
Plocha podlahy	S_1	404,0	m^2
Tepelný výkon panelu	q	173	W/m
Tepelný výkon pásu	Q_p	3806	W
Výkon topného okruhu	Q_o	15224	W
Tepelný výkon celkový	Q_Σ	15224	W

Jeden pás sestává z několika sálavých panelů o typových délkách 2000, 3000, 4000 nebo 6000 mm. V tomto případě se v pásu vždy nachází 3 panely o délce 6000 mm, a jeden panel délky 4000 mm.

Posouzení intenzity osálení:

$$I_s = \frac{Q_\Sigma \cdot \alpha_s}{S_1} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

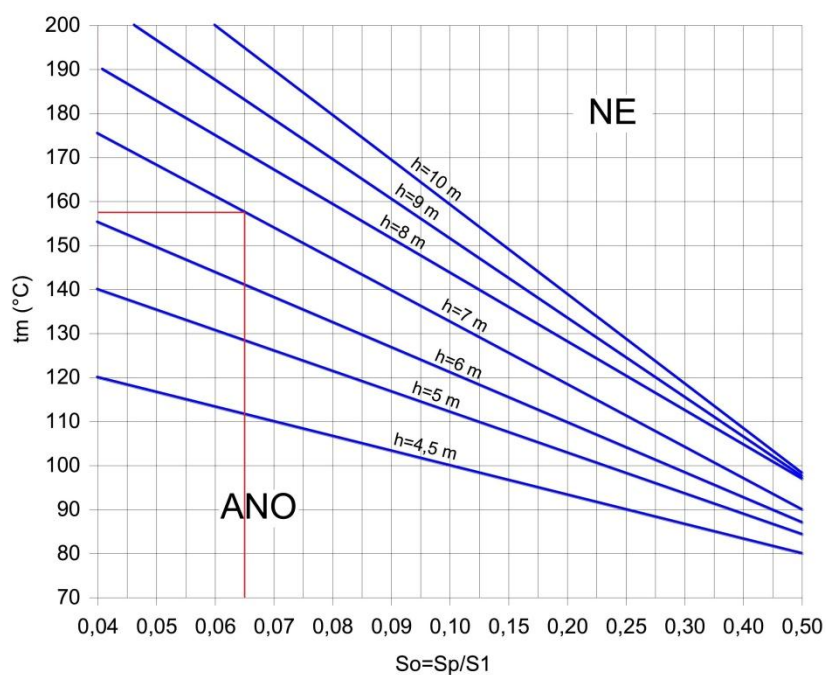
Q_Σ celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

α_s sálavá účinnost ($\alpha_s = 0,69$ pro střední teplotu média $t_m < 80^\circ\text{C}$) [–]

S_1 plocha podlahy [m^2]

$$I_s = \frac{15224 \cdot 0,69}{404,0} = 26,0 \text{ W/m}^2 < 200 \text{ W/m}^2$$

Výška zavěšení panelů: $h = 7 \text{ m}$



S_o poměr zakrytí podlahové plochy [m^2]

S_p plocha sálavých panelů [m^2]

S_1 plocha podlahy [m^2]

t_m střední teplota média [$^{\circ}C$]

h výška zavěšení panelů [m]

$$S_o = \frac{26,4}{404,0} = 0,065$$

Množství teplotnosné látky protékající otopnou trubicí:

$$m = \frac{0,86 \cdot Q_o}{\Delta t} \text{ [kg/h]}$$

Q_{Σ} celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

Δt teplotní rozdíl přívodní a vratné vody [$^{\circ}C$]

$$m = \frac{0,86 \cdot 15224}{20} = 654,63 \text{ kg/h}$$

Daný průtok se rozdělí do dvou otopných trubek, a proto průtok jednou trubicí činí $m = 327,32 \text{ kg/h}$ při rychlosti $w = 0,19 \text{ m/s}$.

Místnost 131 - Zásobování			
$Q_{kor} = 10\,892\text{ W}$			
Počet navržených pásů	n_p	2	-
Počet topných okruhů	p_o	1	-
Délka jednoho pásu	L_1	28	m
Celková délka pásů	L_c	56	m
Šířka sálavého panelu	b	450	mm
Plocha panelů	S_p	25,2	m^2
Plocha podlahy	S_1	261,5	m^2
Teplný výkon panelu	q	262	W/m
Teplný výkon pásu	Q_p	7336	W
Výkon topného okruhu	Q_o	14672	W
Teplný výkon celkový	Q_Σ	14672	W

Jeden pás sestává z několika sálavých panelů o typových délkách 2000, 3000, 4000 nebo 6000 mm. V tomto případě se v pásu nachází 4 panely o délce 6000 mm a 1 panel o délce 4000 mm.

Posouzení intenzity osálení:

$$I_s = \frac{Q_\Sigma \cdot \alpha_s}{S_1} \quad [W/m^2]$$

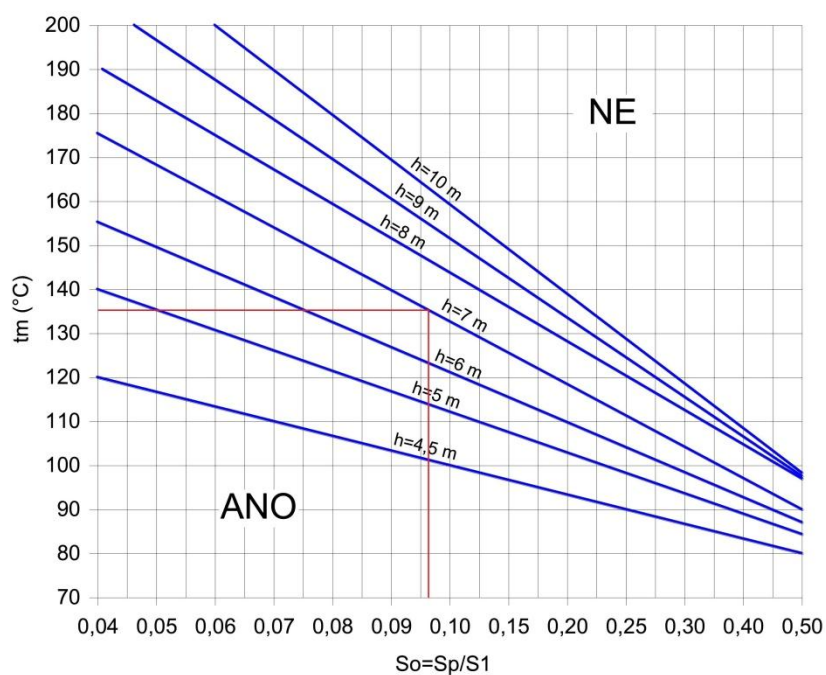
Q_Σ celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

α_s sálavá účinnost ($\alpha_s = 0,69$ pro střední teplotu média $t_m < 80^\circ C$) [–]

S_1 plocha podlahy [m^2]

$$I_s = \frac{14672 \cdot 0,69}{261,5} = 38,7 \text{ W/m}^2 < 200 \text{ W/m}^2$$

Výška zavěšení panelů: $h = 7 \text{ m}$



S_o poměr zakrytí podlahové plochy [m^2]

S_p plocha sálavých panelů [m^2]

S_1 plocha podlahy [m^2]

t_m střední teplota média [$^{\circ}C$]

h výška zavěšení panelů [m]

$$S_o = \frac{25,2}{261,5} = 0,096$$

Množství teplotnosné látky protékající otopnou trubicí:

$$m = \frac{0,86 \cdot Q_o}{\Delta t} \text{ [kg/h]}$$

Q_{Σ} celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

Δt teplotní rozdíl přívodní a vratné vody [$^{\circ}C$]

$$m = \frac{0,86 \cdot 14672}{20} = 630,89 \text{ kg/h}$$

Zapojení sálavých panelů je průtočné a nedělí se, proto průtok jednou otopnou trubicí je vždy výše vypočítaný při rychlosti proudění $w = 0,36 \text{ m/s}$.

Místnost 132 - Sklad obalů			
$Q_{kor} = 7\,644\text{ W}$			
Počet navržených pásů	n_p	2	-
Počet topných okruhů	p_o	1	-
Délka jednoho pásu	L_1	16	m
Celková délka pásů	L_c	32	m
Šířka sálavého panelu	b	450	mm
Plocha panelů	S_p	14,4	m^2
Plocha podlahy	S_1	149,4	m^2
Teplný výkon panelu	q	245	W/m
Teplný výkon pásu	Q_p	3920	W
Výkon topného okruhu	Q_o	7840	W
Teplný výkon celkový	Q_Σ	7840	W

Jeden pás sestává z několika sálavých panelů o typových délkách 2000, 3000, 4000 nebo 6000 mm. V tomto případě se v pásu nachází 2 panely o délce 6000 mm a 1 panel o délce 4000 mm.

Posouzení intenzity osálení:

$$I_s = \frac{Q_\Sigma \cdot \alpha_s}{S_1} \quad [W/m^2]$$

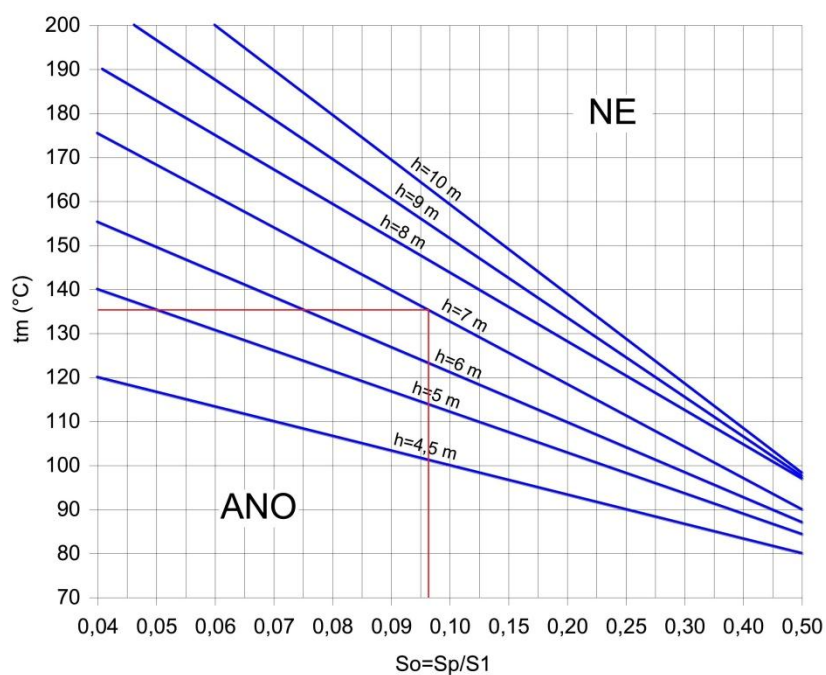
Q_Σ celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

α_s sálavá účinnost ($\alpha_s = 0,69$ pro střední teplotu média $t_m < 80^\circ C$) [–]

S_1 plocha podlahy [m^2]

$$I_s = \frac{7840 \cdot 0,69}{149,4} = 36,2 \text{ W/m}^2 < 200 \text{ W/m}^2$$

Výška zavěšení panelů: $h = 7 \text{ m}$



S_o poměr zakrytí podlahové plochy [m^2]

S_p plocha sálavých panelů [m^2]

S_1 plocha podlahy [m^2]

t_m střední teplota média [$^{\circ}\text{C}$]

h výška zavěšení panelů [m]

$$S_o = \frac{14,4}{149,4} = 0,096$$

Množství teplotnosné látky protékající otopnou trubicí:

$$m = \frac{0,86 \cdot Q_o}{\Delta t} \text{ [kg/h]}$$

Q_{Σ} celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

Δt teplotní rozdíl přívodní a vratné vody [$^{\circ}\text{C}$]

$$m = \frac{0,86 \cdot 7840}{20} = 337,12 \text{ kg/h}$$

Zapojení sálavých panelů je průtočné a nedělí se, proto průtok jednou otopnou trubicí je vždy výše vypočítaný při rychlosti proudění $w = 0,20 \text{ m/s}$.

Místnost 133 - Sklad výrobků			
$Q_{kor} = 9\,897\text{ W}$			
Počet navržených pásů	n_p	4	-
Počet topných okruhů	p_o	1	-
Délka jednoho pásu	L_1	18	m
Celková délka pásů	L_c	72	m
Šířka sálavého panelu	b	300	mm
Plocha panelů	S_p	21,6	m^2
Plocha podlahy	S_1	303,0	m^2
Teplný výkon panelu	q	173	W/m
Teplný výkon pásu	Q_p	3114	W
Výkon topného okruhu	Q_o	12456	W
Teplný výkon celkový	Q_Σ	12456	W

Jeden pás sestává z několika sálavých panelů o typových délkách 2000, 3000, 4000 nebo 6000 mm. V tomto případě se v pásu nachází 3 panely o délce 6000 mm.

Posouzení intenzity osálení:

$$I_s = \frac{Q_\Sigma \cdot \alpha_s}{S_1} \quad [W/m^2]$$

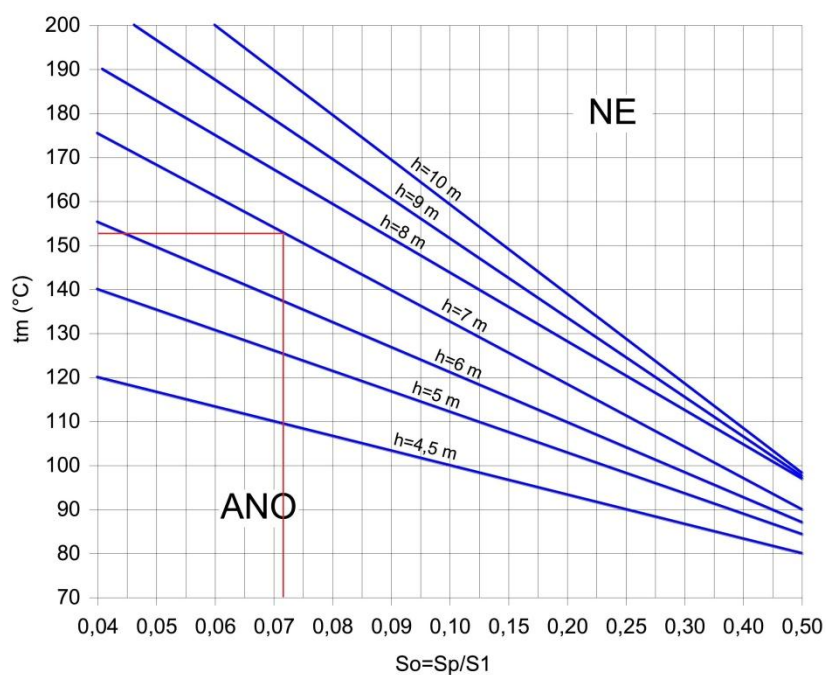
Q_Σ celkový výkon nainstalovaných panelů $[W]$

α_s sálavá účinnost ($\alpha_s = 0,69$ pro střední teplotu média $t_m < 80^\circ C$) $[-]$

S_1 plocha podlahy $[m^2]$

$$I_s = \frac{12456 \cdot 0,69}{303,0} = 28,4 \text{ W/m}^2 < 200 \text{ W/m}^2$$

Výška zavěšení panelů: $h = 7 \text{ m}$



S_o poměr zakrytí podlahové plochy [m^2]

S_p plocha sálavých panelů [m^2]

S_1 plocha podlahy [m^2]

t_m střední teplota média [$^{\circ}C$]

h výška zavěšení panelů [m]

$$S_o = \frac{21,6}{303,0} = 0,071$$

Množství teplotnosné látky protékající otopnou trubkou:

$$m = \frac{0,86 \cdot Q_o}{\Delta t} \text{ [kg/h]}$$

Q_{Σ} celkový výkon nainstalovaných panelů [W]

Δt teplotní rozdíl přívodní a vratné vody [$^{\circ}C$]

$$m = \frac{0,86 \cdot 12456}{20} = 535,61 \text{ kg/h}$$

Daný průtok se rozdělí do dvou otopných trubek, a proto průtok jednou trubkou činí

$m = 267,81 \text{ kg/h}$ při $w = 0,15 \text{ m/s}$.

8.2. Dimenzování

Sálavé panely - 127

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
1	55296	2377,2	27,8	32	198	0,66	5504	8,7	1923	0	7428	7428
2	27648	1188,6	0,4	25	217	0,58	87	0	0	0	87	7514
SP1	27648	1188,6	54	Výrobce sálavých panelů						1818	1818	9332
2*	27648	1188,6	19,1	25	217	0,58	4145	2,6	443	0	4588	13920
SP1	27648	1188,6	54	Výrobce sálavých panelů						1818	1818	15738
2+	27648	1188,6	12,7	25	217	0,58	2756	1,3	221	0	2977	18715

3	27648	1188,6	12,4	25	217	0,58	2691	1,3	221	0	2912	2912
SP2	27648	1188,6	54,0	Výrobce sálavých panelů						1818	1818	4730
3*	27648	1188,6	6,5	25	217	0,58	1411	2,6	443	0	1853	6584
SP2	27648	1188,6	54,0	Výrobce sálavých panelů						1818	1818	8402
3+	27648	1188,6	0,4	25	217	0,58	87	0	0	0	87	8488

Sálavé panely - 130, 133

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
a	12456	535,5	97,2	25	46	0,26	4471	15,6	527	0	4998	4998
SP	12456	535,5	18,0	Výrobce sálavých panelů						1288	1288	6286
b	27680	1190,0	67,1	32	52	0,33	3487	22,7	1266	0	4753	11039

c	15224	654,5	30,6	25	64	0,31	1958	10,4	500	0	2458	2458
SP	15224	654,5	22,0	Výrobce sálavých panelů						2215	2215	4673

Sálavé panely - 131, 132

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN - Dxt	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
I	14672	630,8	14,6	25	64	0,31	934	6,1	293	0	1228	1228
SP	14672	630,8	28,0	Výrobce sálavých panelů						13837	13837	15065
II	22512	967,8	100,3	25	148	0,48	14837	7,8	899	0	15736	30800

III	7840	337,0	85,3	20	64	0,27	5459	18,5	674	0	6134	6134
SP	7840	337,0	85,3	Výrobce sálavých panelů						2663	2663	8797

8.3. Vyvažovací ventily

Vyvažovací ventily					
Větev	Úsek	m [kg/h]	DN [mm]	Δp [Pa]	Nastavení
123	3	1188,6	25	2799	3
abcd	c	654,5	25	1613	2,5
I, II, III	III	337,0	20	6268	2

9. VARIANTA B

Teplovzdušné jednotky

Ve druhé variantě – variantě B, byly navrženy teplovzdušné jednotky s vodním výměníkem. Návrh byl proveden pro stejné místnosti a pro stejné návrhové podmínky jako ve variantě A – závěsné sálavé panely. Pro všechny místnosti jsou určeny jednotky HN 11.UWAR(L)AD.CRD, $V_L = 1120 \text{ m}^3/\text{h}$

HN	typový popis výrobku
11	první číslo označuje velikost, druhé výkonovou řadu výrobku
U	provedení jednotky (U – oběhová, M – směšovací)
W	funkce jednotky (S – pára, W – teplá/horká voda)
A	druh výměníku (A – Cu/Al, C – Cu/Cu)
R(L)	připojení média zprava (zleva)
A	připojení hrdel výměníku (A – vnější závit, O – bez závitového ukončení)
D	výdechová žaluzie (D – podstropní sekundární žaluzie se servomotorem)
C	motor/stupně (C – 3x400 V, 3 stupně – ventilátor se širokými lopatkami)
R	elektrické vybavení (R – systém Matrix, K – svorkovnice)
D	oplaštění výměníku (A,B – lakovaný plech RAL, D – průmyslové provedení)

Při návrhu je postup takový, že nejprve určíme specifické ochlazení vody jako poměr $\Delta t_w / \theta_g$ (osa x). Dále máme objemový proud vzduchu V_L , jenž je udán velikostí a výkonovou řadou výrobku. Průsečík hodnot specifického ochlazení vody a objemového proudu vzduchu vytne průsečík specifického tepelného výkonu čitelného na ose y.

9.1. Návrh teplovzdušných jednotek

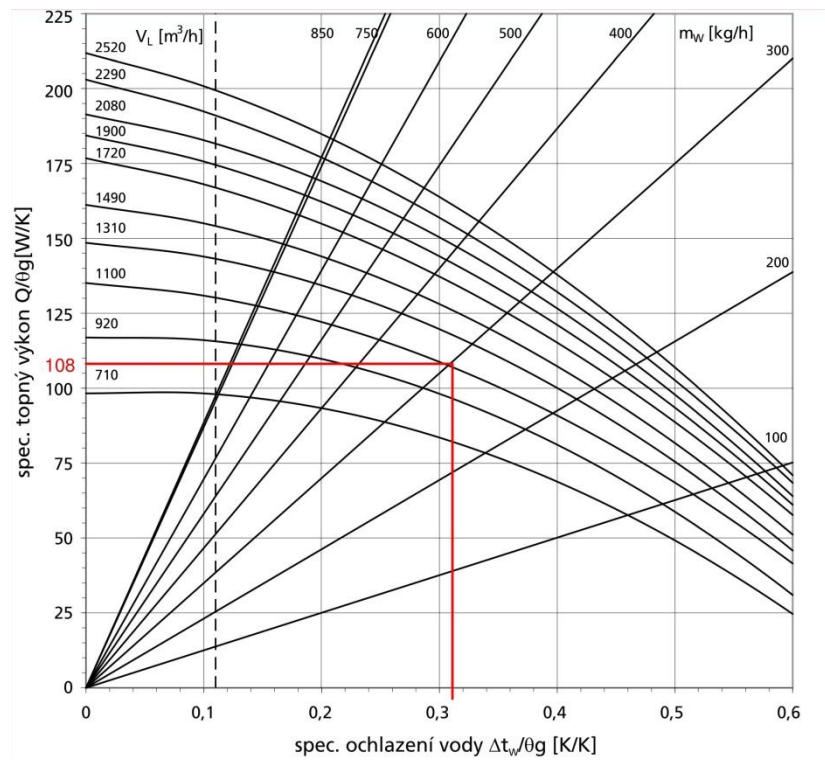
$$t_{L1} = 16^{\circ}\text{C}$$

$$t_{w1} = 80^{\circ}\text{C} \quad ; \quad t_{w2} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_w = t_{w1} - t_{w2} = 80 - 60 = 20 \text{ K}$$

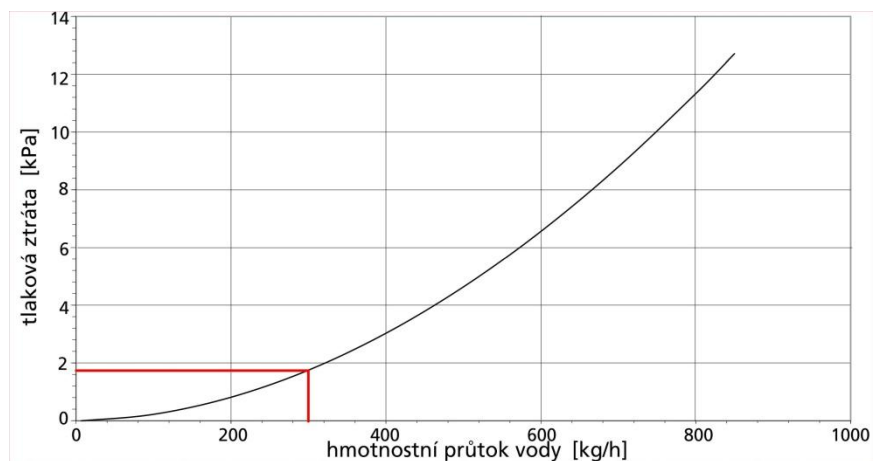
$$\theta_g = t_{w1} - t_{L1} = 80 - 16 = 64 \text{ K}$$

$$\Delta t_w / \theta_g = 20 / 64 = 0,3125 \text{ K/K}$$



$$\text{Topný výkon 1 jednotky: } Q_T = \theta_g \cdot \frac{Q}{\theta_g} = 64 \cdot 108 = 6912 \text{ W}$$

$$\text{Hmotnostní průtok vody: } m_w = \frac{0,86 \cdot Q_T}{\Delta t_w} = \frac{0,86 \cdot 6912}{20} = 297,22 \text{ kg/h}$$



$$\text{Tlaková ztráta na straně vody: } \Delta p = 1\,800 \text{ Pa}$$

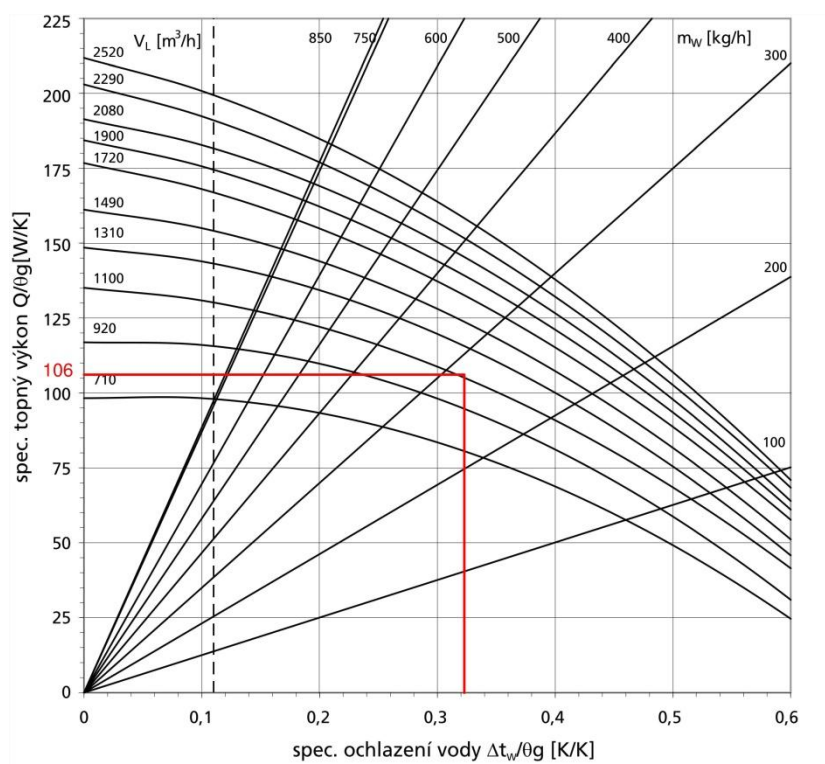
$$t_{L1} = 18^{\circ}\text{C}$$

$$t_{w1} = 80^{\circ}\text{C} \quad ; \quad t_{w2} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_w = t_{w1} - t_{w2} = 80 - 60 = 20 \text{ K}$$

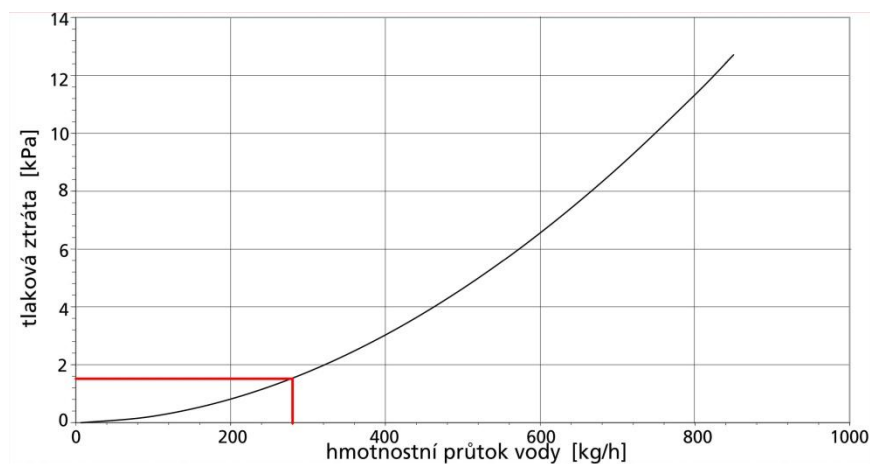
$$\theta_g = t_{w1} - t_{L1} = 80 - 18 = 62 \text{ K}$$

$$\Delta t_w / \theta_g = 20 / 62 = 0,3226 \text{ K/K}$$



$$\text{Topný výkon 1 jednotky: } Q_T = \theta_g \cdot \frac{Q}{\theta_g} = 62 \cdot 106 = 6572 \text{ W}$$

$$\text{Hmotnostní průtok vody: } m_w = \frac{0,86 \cdot Q_T}{\Delta t_w} = \frac{0,86 \cdot 6572}{20} = 282,59 \text{ kg/h}$$



$$\text{Tlaková ztráta na straně vody: } \Delta p = 1\,600 \text{ Pa}$$

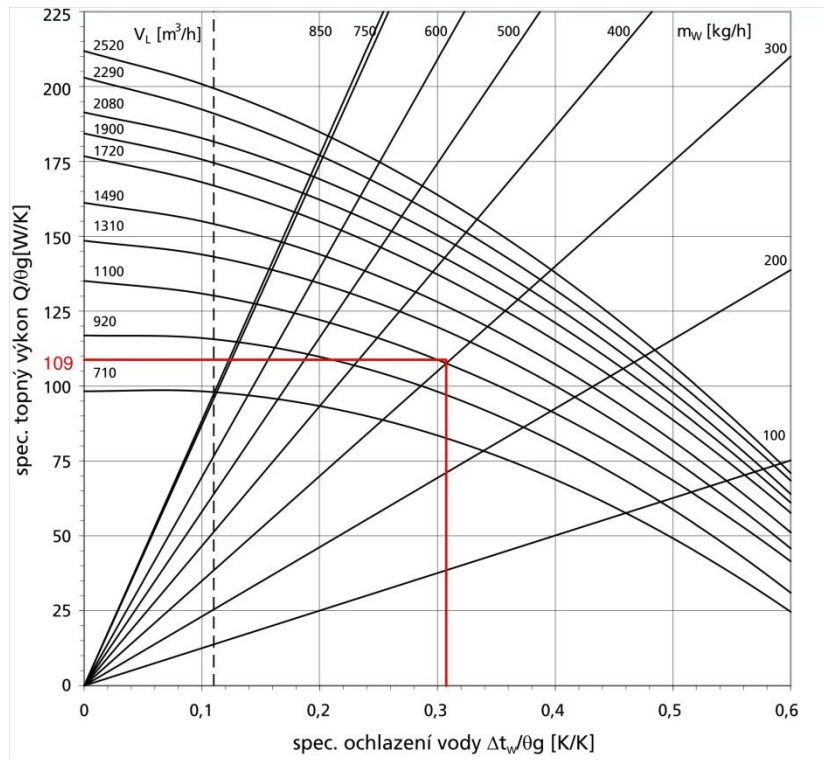
$$t_{L1} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$t_{w1} = 80^{\circ}\text{C} \quad ; \quad t_{w2} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_w = t_{w1} - t_{w2} = 80 - 60 = 20 \text{ K}$$

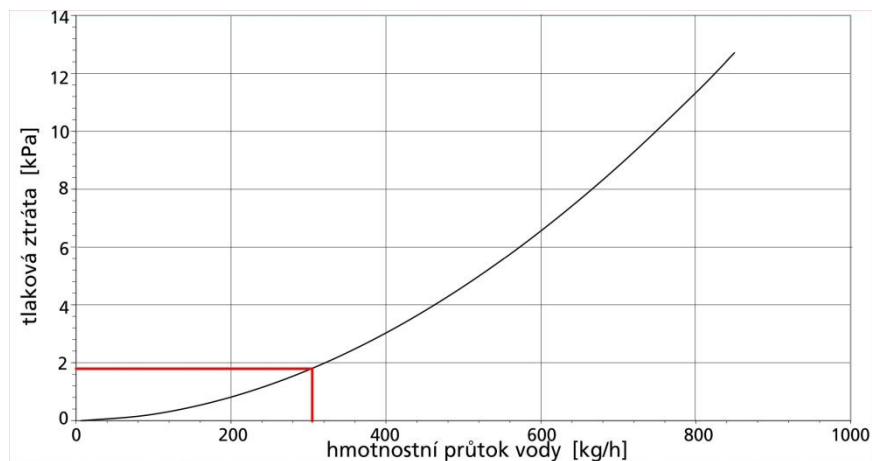
$$\theta_g = t_{w1} - t_{L1} = 80 - 15 = 65 \text{ K}$$

$$\Delta t_w / \theta_g = 20 / 65 = 0,3077 \text{ K/K}$$



Topný výkon 1 jednotky: $Q_T = \theta_g \cdot \frac{Q}{\theta_g} = 65 \cdot 109 = 7085 \text{ W}$

Hmotnostní průtok vody: $m_w = \frac{0,86 \cdot Q_T}{\Delta t_w} = \frac{0,86 \cdot 7085}{20} = 304,66 \text{ kg/h}$



Tlaková ztráta na straně vody: $\Delta p = 1\,900 \text{ Pa}$

9.2. Dimenzování

Větev 123

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
1	6572	282,5	19,5	25	14	0,14	273	3,5	35	1600	1908	1908
2	13144	565,1	39,8	32	13	0,16	517	11,6	151	0	668	2576
3	20229	869,6	24,8	32	28	0,24	694	11,3	336	0	1031	3607
4	27314	1174,2	42,2	32	50	0,33	2110	13,9	752	0	2862	6469
5	53602	2304,4	28,4	40	84	0,48	2386	11,6	1340	0	3726	10195
6	108898	4681,5	39,3	50	99	0,61	3891	18,5	3431	0	7321	17516
7	6572	282,5	6,2	25	14	0,14	87	0,3	3	1600	1690	1908
8	7085	304,6	6,2	25	16	0,15	100	0,3	3	1900	2003	2576
9	7085	304,6	6,2	25	16	0,15	100	0,3	3	1900	2003	3607

Větev abcd - Δp_{dis} = 6469 Pa

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
a	6572	282,5	26,9	25	14	0,14	377	3,5	35	1600	2012	2012
b	13144	565,1	48,6	32	13	0,16	632	11,6	151	0	783	2794
c	19716	847,6	17,6	32	27	0,24	475	0,9	26	0	501	3295
d	26288	1130,1	2,9	32	47	0,32	138	4,8	248	0	387	3682
e	6572	282,5	13,8	25	14	0,14	193	0,3	3	1600	1796	2012
f	6572	282,5	13,8	25	14	0,14	193	0,3	3	1600	1796	2794
g	6572	282,5	13,8	25	14	0,14	193	0,3	3	1600	1796	3295

Větev I,II,III - Δp_{dis} = 10 195 Pa

č.ú	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN	R [Pa/m]	w [m/s]	R*I [Pa]	ζ [-]	Z [Pa]	Δp _{RV} [Pa]	R*I+Z+Δp _{RV} [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]
I	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	4,5	51	1800	1992	1992
II	13824	594,3	27,8	32	13	0,17	361	11,6	165	0	526	2518
III	27648	1188,6	27,8	32	51	0,33	1418	11,3	625	0	2042	4560
IV	41472	1782,9	28,2	40	51	0,37	1438	11,6	779	0	2218	6778
V	55296	2377,2	9,2	40	90	0,49	828	4,8	585	0	1413	8191
VI	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	1992
VII	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	2518
VIII	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	2518
IX	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	4560
X	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	4560
XI	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	6778
XII	6912	297,1	9,4	25	15	0,15	141	0,3	3	1800	1944	6778

9.3. Vyvažovací ventily

Vyvažovací ventily					
Větev	Úsek	m [kg/h]	DN [mm]	Δp [Pa]	Nastavení
123	7	282,5	25	218	3
	8	304,6	25	573	2,5
	9	304,6	25	1604	2
abcd	d	1130,1	32	2787	2,5
	e	282,5	25	216	3
	f	282,5	25	998	2
	g	282,5	25	1499	2
I, II, III	V	2377,2	40	2004	3,5
	VI	297,1	25	48	4
	VII	297,1	25	574	2,5
	VIII	297,1	25	574	2,5
	IX	297,1	25	2616	1,5
	X	297,1	25	2616	1,5
	XI	297,1	25	4834	1,5
	XII	297,1	25	4834	1,5

10. TECHNICKÁ MÍSTNOST

10.1. Zdroj tepla

Tepelný výkon pro vytápění

Hala I: $Q = 14,24 \text{ kW}$

Hala II: $Q = 50,25 \text{ kW}$

Hala III: $Q = 41,62 \text{ kW}$

Tepelný výkon pro vzduchotechniku

Hala I: $Q = 21,20 \text{ kW}$

Hala II: $Q = 49,60 \text{ kW}$

Hala III: $Q = 15,70 \text{ kW}$

Tepelný výkon pro vzduchové clony

Hala II, III: $Q = 152,8 \text{ kW}$

Tepelný výkon pro přípravu teplé vody

Hala I-III: $Q = 19,58 \text{ kW}$

$$Q_{\text{zdroj}} = 345,41 \text{ kW}$$

Zvoleny proto byly tyto zdroje tepla:

1x Plynový kondenzační kotel Buderus Logano plus GB312-200 (výkon 56,2-187 kW)

1x Plynový kondenzační kotel Buderus Logano plus GB312-200 (výkon 56,2-187 kW)

Jmenovité tepelné výkony plynových stacionárních kondenzačních kotlů jsou udávány pro teplotní rozdíl 80/60°C.

Pro uvedené zdroje tepla je navržen odvod spalin ve formě systému Schiedel ICS. Jedná se o univerzální třívrstvý nerezový systém, jenž je vhodný pro všechny druhy paliv. Dle doporučení výrobce kotlů zvolen systém ICS DN200. Maximální dovolená výška spalinového potrubí $L_{\text{max}} = 50 \text{ m}$. Potřebná délka $L_p = 9 \text{ m}$.

Vodorovný úsek spalinového potrubí je třeba instalovat se spádem 3° směrem ke kotli a zajistit proti vyklouznutí z kotlového hrdla což bude realizováno podepřením.

10.2. Větrání technické místnosti

Vnitřní teplota	t_i	15	°C
Venkovní teplota	$t_{e,Z}$	-12	°C
Venkovní teplota	$t_{e,L}$	30	°C
Objem místnosti	O	641,88	m ³ /h
Plocha oken	A_o	6	m ²
Výkon zdrojů	Q_Z	374	kW
Spotřeba paliva	P_Z	40,8	m ³ /h
Výkon zdrojů	Q_L	22,5	kW
Spotřeba paliva	P_L	3,18	m ³ /h
Souč.přebytku vzduchu	λ	1,3	-
Výhřevnost paliva	H	35	MJ/m ³

Průtok vzduchu

$$V_{min} = 0,260 \cdot H - 0,25 = 0,260 \cdot 35 - 0,25 = 8,85 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$V_{sk} = \lambda \cdot V_{min} = 1,3 \cdot 8,85 = 11,51 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Průtok spalovacího vzduchu

$$V_{sp,Z} = V_{sk} \cdot P_Z = 11,51 \cdot \frac{40,8}{3600} = 0,130 \text{ m}^3/\text{s}$$

Minimální průtok vzduchu pro větrání

$$V_i = n \cdot O = 0,5 \cdot \frac{641,88}{3600} = 0,0892 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \max\{V_{sp,Z}; V_i\} = 0,130 \text{ m}^3/\text{s}$$

Minimální hodnota výměny vzduchu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ je nevyhovující a je nutno jí upravit.

$$n_Z = \frac{V}{O} = \frac{0,130 \cdot 3600}{641,88} = 0,8 \text{ h}^{-1}$$

Návrh větracích otvorů

$$S_{přívod} = \frac{V}{v} = \frac{0,130}{1,5} = 0,087 \text{ m}^2$$

navržena protidešťová žaluzie 400x315 mm; s průtočnou plochou $A = 0,09 \text{ m}^2$

V případě, že bude odstávka kotlů, musí být zajištěn odvod vzduchu jinak než přes kotle

$$S_{odvod} = \frac{V_i}{v} = \frac{0,0892}{1,5} = 0,059 \text{ m}^2$$

navržena protidešťová žaluzie 400x200 mm; s průtočnou plochou $A = 0,06 \text{ m}^2$

Tepelná bilance technické místnosti v zimě

V technické místnosti jsou již navržena otopná tělesa, teplota v místnosti tedy bude vyšší než minimální předepsaná teplota 7,5°C.

Tepelná bilance technické místnosti v létě

Tepelné zisky jsou tvořeny zařízením pro ohřev teplé vody (uvažováno 1%) a osluněním oken technické místnosti, které jsou orientovány na východ.

$$Q_{z,L} = p \cdot Q_L + I \cdot S = 0,01 \cdot 22500 + 80 \cdot 0,6 \cdot 6 = 513 \text{ W}$$

Měrná tepelná zátěž větráním

$$H_V = V_i \cdot \rho \cdot c = 0,0892 \cdot 1,25 \cdot 1010 = 112,62 \text{ W/K}$$

Teplota v místnosti za návrhových podmínek

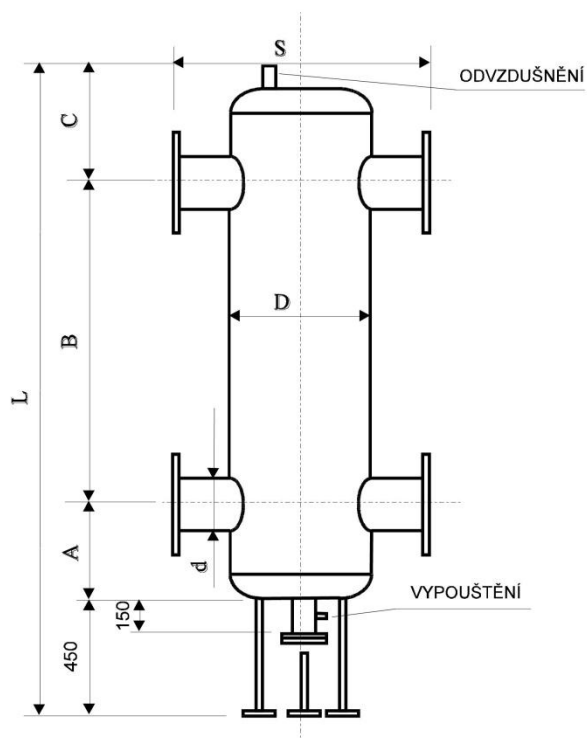
$$t_{i,L} = t_{e,L} + \frac{Q_{z,L}}{H_V} = 30 + \frac{513}{112,62} = 34,6 \text{ °C}$$

Maximální přípustná teplota v kotelně je 35°C, návrh je tedy vyhovující.

10.3. Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků

Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků, zkráceně HVDT, je určen pro hydraulické oddělení zdrojů tepla od otopné soustavy. Díky tomuto zařízení se odstraní problémy s přebytky dynamických tlaků čerpadel a upraví se celkové hydraulické poměry v síti.

Navržen HVDT typ IV, s maximálním průtokem $20\text{m}^3/\text{h}$.



A = 200 mm

B = 700 mm

C = 200 mm

D = 219 mm

L = 1550 mm

S = 500 mm

d = 108 mm

10.4. Rozdělovač a sběrač

Návrh rozdělovače a sběrače byl proveden pro variantu A i B. Navržené RS jsou od firmy ETL – Ekotherm. Tato firma poskytuje program pro určení modulu a rozměrů RS. RS je opatřen návarky pro osazení manometrů a teploměrů.

10.4.1. Varianta A

Projekt: Doplňková práce

Datum: 6.1.2016

Typ vybraného MODULU: 150

Jmenovitý tlak PN: 0,6 MPa

Přidat tepelnou izolaci: Ano

Firma: FAST VUT

Cena bez DPH: 27762 + 3420 Kč

Způsob výběru MODULU: automaticky

Maximální teplota: 115°C

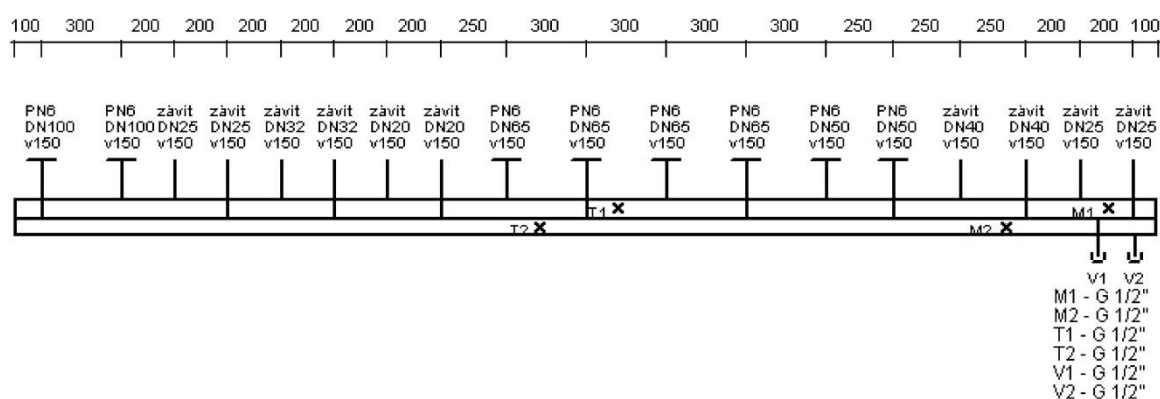
Podpěry: 3 x stavitelný stojan - M 80 - 150, I 420 - 670

Zadal: Vojtech Vlasak

Úhel: žádný

Délka RS KOMBI: 4300 mm

Hmotnost: 203 kg



Větve RS:

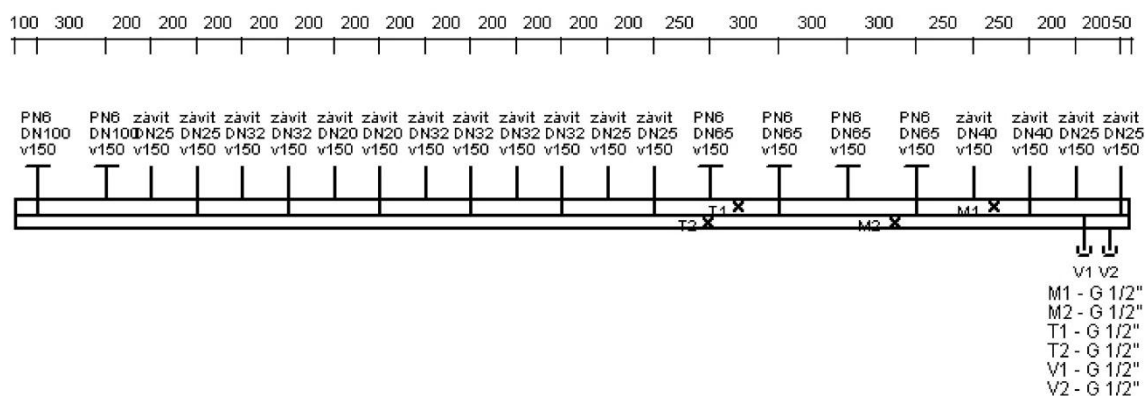
Vzduchotechnická jednotka hala I	DN 25
Vzduchotechnická jednotka hala II	DN 32
Vzduchotechnická jednotka hala III	DN 20
Vzduchové clony-1	DN 65
Vzduchové clony-a	DN 65
Teplovzdušné jednotky	DN 50
Otopná tělesa	42x1,5 (DN 40)
Teplá voda	DN 25

10.4.2. Varianta B

Projekt: Dřívinnová práce
Datum: 7.1.2016
Typ vybraného MODULU: 150
Jmenovitý tlak PN: 0,6 MPa
Přidat tepelnou izolaci: Ano

Firma: FAST VUT
Cena bez DPH: 31326 + 4560 Kč
Způsob výběru MODULU: automaticky
Maximální teplota: 115°C
Podpěry: 4 x stavitelný stojan - M 80 - 150, I 420 - 670

Zadal: Vojtech Vlasak
Úhel: žádný
Délka RS KOMBI: 4900 mm
Hmotnost: 227 kg



Větve RS:

Vzduchotechnická jednotka hala I	DN 25
Vzduchotechnická jednotka hala II	DN 32
Vzduchotechnická jednotka hala III	DN 20
Sálavé panely 127	DN 32
Sálavé panely 130, 133	DN 32
Sálavé panely 131, 132	DN 25
Vzduchové clony-1	DN 65
Vzduchové clony-a	DN 65
Otopná tělesa	42x1,5 (DN 40)
Teplá voda	DN 25

10.5. Automatické doplňování vody

Navrženo zařízení Fillcontrol Plus od firmy Reflex, které je bez čerpadla a zabezpečuje kontrolu a doplňování vody v závislosti na tlaku v soustavách s membránovými tlakovými expanzními nádobami. Při doplňování ze systému pitné vody je nutné předřadit oddělovací člen v podobě zařízení Fillset, což je smontovaná skupina armatur umožňující přímé propojení topné soustavy se systémem pitné vody. Oddělení systémů je provedeno prostřednictvím oddělovače systémů dle DIN 1988 T4. Kontrola doplňovaného množství je umožněna zabudovaným vodoměrem.



	Standard provedení
Obj. číslo	8812100
Dovol. provozní teplota	90 °C
Výška x šířka x hloubka	320 x 340 x 190 mm
Hmotnost	2,5 kg
Připojení vstup/výstup	G 3/4/G 1/2
Dovol. provozní přetlak	10 bar
Vstupní tlak	10 bar
Min. tlak na přítoku	$p_0 + 1,3 \text{ bar}^{1)}$
Max. vyrovnaný tlak na vstupu	$p_0 + 4 \text{ bar}^{2)}$
Napájecí napětí	230 V/50 Hz
Průtokový součinitel ³⁾ k_{vs}	1,4 m ³ /h
Průtokový součinitel ⁴⁾ k_{vs}	0,7 m ³ /h



	Fillset se standardním vodoměrem
Obj. číslo	6811105
Dovol. provozní přetlak	10 bar
Dovol. provozní teplota	60 °C
Šířka x výška	293 x 230 mm
Hmotnost	1,7 kg
Připojení vstup/výstup	R 1/2/R 1/2
Min. tlak na přítoku ¹⁾	$p_0 + 1,3 \text{ bar}$
Průtokový součinitel ³⁾ k_{vs}	0,8 m ³ /h
Průtokový součinitel ³⁾ k_{vs}	0,7 m ³ /h

10.6. Třicestné směšovací ventily

Návrh třicestných ventilů bude proveden pro tyto větve:

1. Sálavé panely 127
2. Sálavé panely 130, 133
3. Sálavé panely 131, 132
4. Teplovzdušné jednotky
5. Otopná tělesa

Větve pro vzduchotechnické jednotky řeší projektant VZT

$$K_V = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}} \quad [m^3/h]$$

$$K_{VS} = (1,1 - 1,3) K_V \quad [m^3/h]$$

$$\Delta p_{ventilu} = 100 \cdot \left(\frac{Q}{K_{VS}} \right)^2 \quad [kPa]$$

1. Sálavé panely 127				
Q [m ³ /h]	Δp [bar]	K _{VS} [m ³ /h]	Δp _{ventil} [bar]	Δp _{ventil} [kPa]
2,3772	0,2092	10	0,0565	5,65
Navržený ventil:		RV 102 END 3512 16/80-32		

2. Sálavé panely 130, 133				
Q [m ³ /h]	Δp [bar]	K _{VS} [m ³ /h]	Δp _{ventil} [bar]	Δp _{ventil} [kPa]
1,1900	0,1331	6,3	0,0357	3,57
Navržený ventil:		RV 102 END 3512 16/80-32		

3. Sálavé panely 131, 132				
Q [m ³ /h]	Δp [bar]	K _{VS} [m ³ /h]	Δp _{ventil} [bar]	Δp _{ventil} [kPa]
0,9678	0,3230	4	0,0585	5,85
Navržený ventil:		RV 102 END 3513 16/80-25		

4. Teplovzdušné jednotky				
Q [m ³ /h]	Δp [bar]	K _{VS} [m ³ /h]	Δp _{ventil} [bar]	Δp _{ventil} [kPa]
4,6815	0,1917	16	0,0856	8,56
Navržený ventil:		RV 102 END 3513 16/80-50		

5. Otopná tělesa				
Q [m ³ /h]	Δp [bar]	K _{VS} [m ³ /h]	Δp _{ventil} [bar]	Δp _{ventil} [kPa]
2,8392	0,2687	10	0,0806	8,06
Navržený ventil:		RV 102 END 3513 16/50-40		

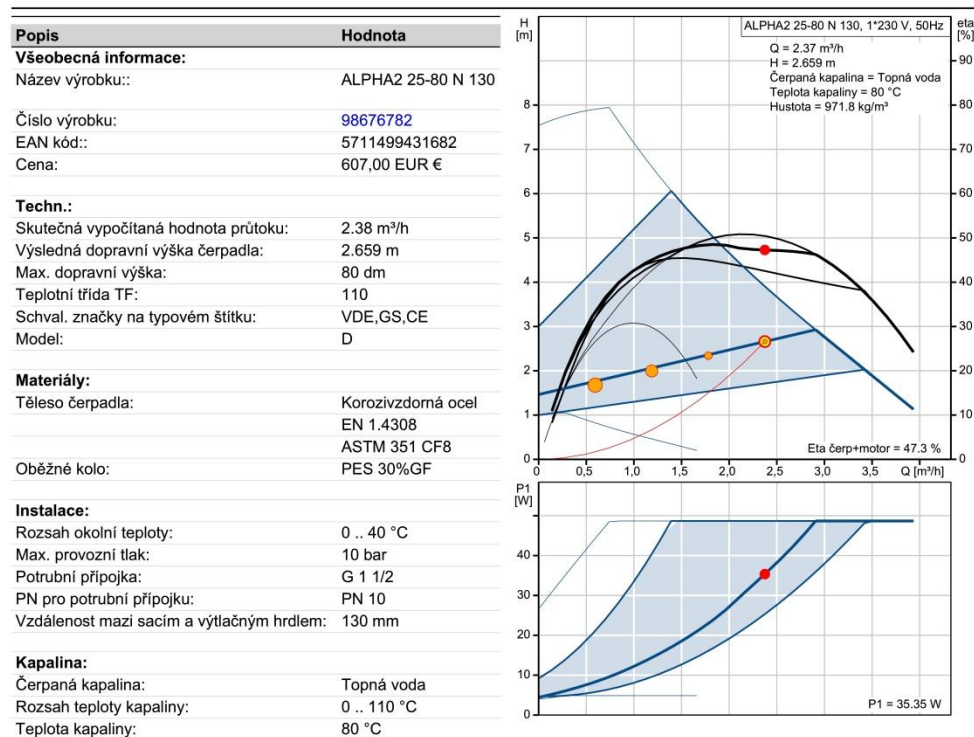
Všechny hodnoty Δp_{ventil} jsou zohledněny v hydraulickém výpočtu sítě při návrhu oběhových čerpadel.

10.7. Oběhová čerpadla

10.7.1. Sálavé panely 127

$$Q = 2,377 \text{ m}^3/\text{h}$$

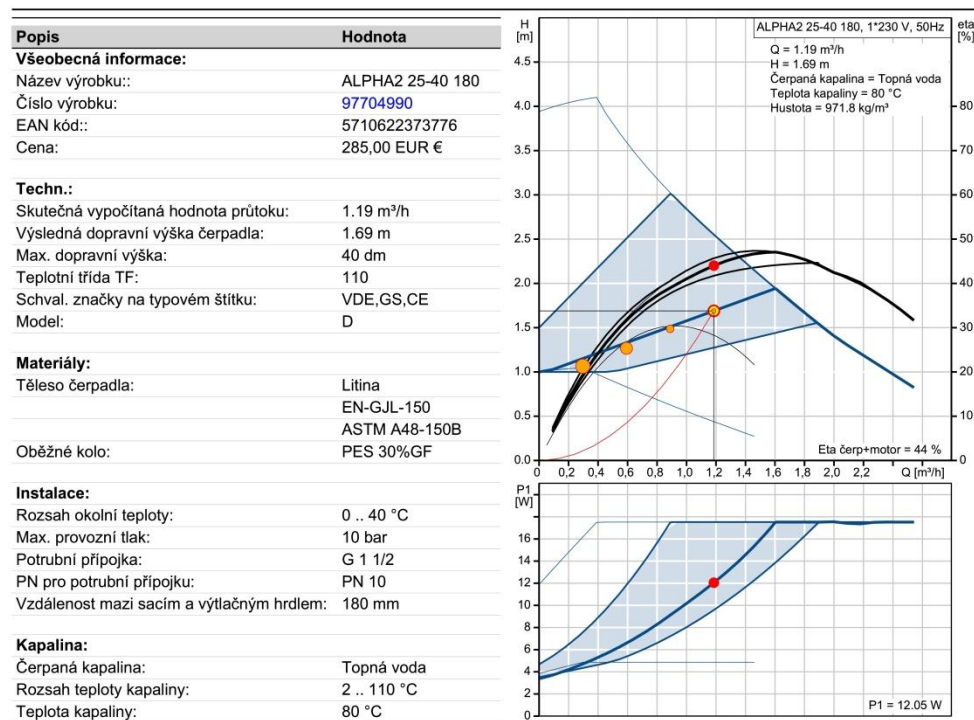
$$\Delta p = 26,58 \text{ kPa}$$



10.7.2. Sálavé panely 130, 133

$$Q = 1,190 \text{ m}^3/\text{h}$$

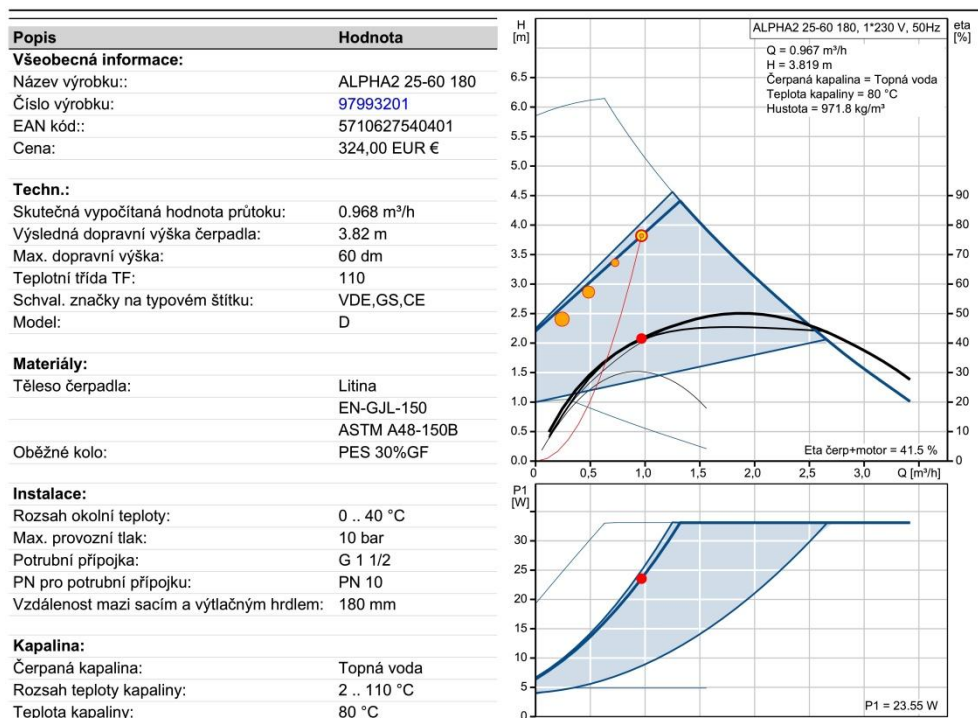
$$\Delta p = 16,88 \text{ kPa}$$



10.7.3. Sálavé panely 131, 132

$$Q = 0,968 \text{ m}^3/\text{h}$$

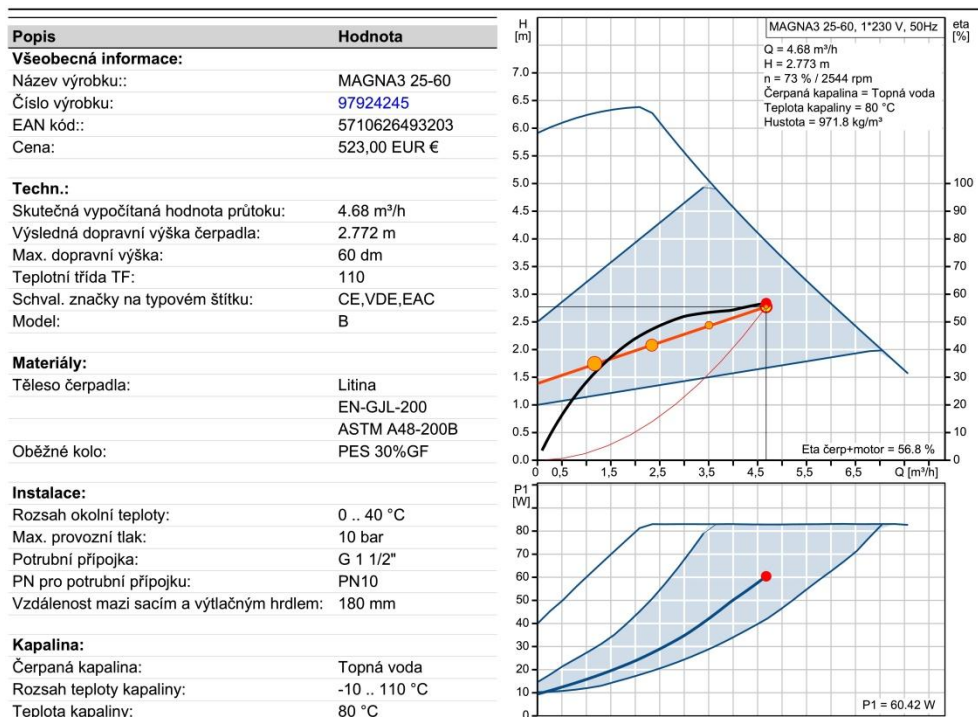
$$\Delta p = 38,15 \text{ kPa}$$



10.7.4. Teplovzdušné jednotky

$$Q = 4,682 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 27,73 \text{ kPa}$$

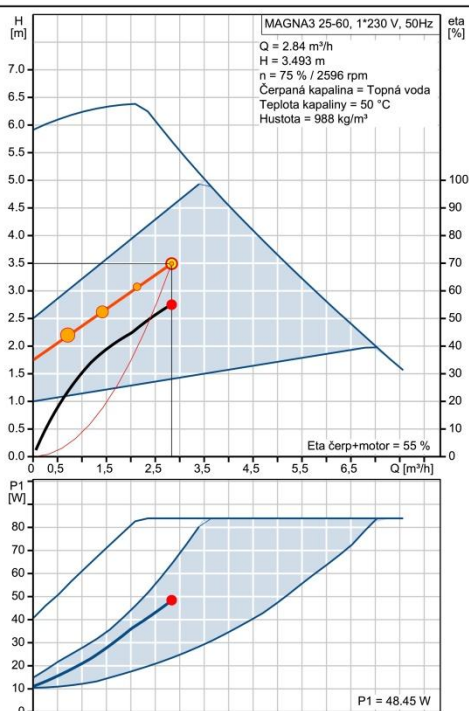


10.7.5. Otopná tělesa

$$Q = 2,839 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 34,93 \text{ kPa}$$

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku::	MAGNA3 25-60
Číslo výrobku:	97924245
EAN kód::	5710626493203
Cena:	523,00 EUR €
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	2.84 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	3.493 m
Max. dopravní výška:	60 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,EAC
Model:	B
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-200
	ASTM A48-200B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubií přípojka:	G 1 1/2"
PN pro potrubní přípojku:	PN10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	50 °C

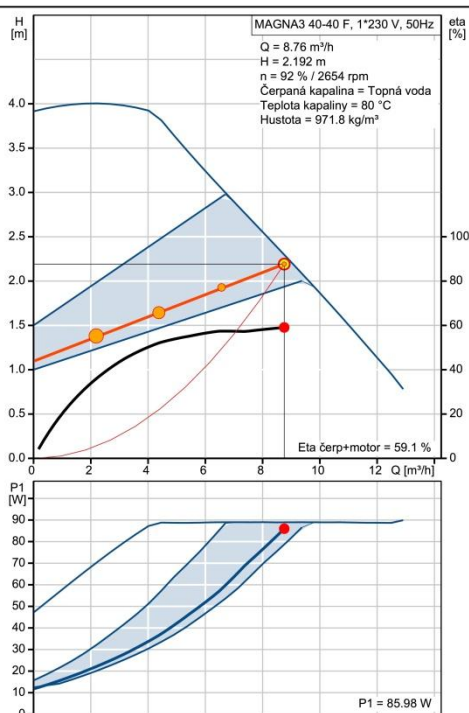


10.7.6. Vzduchové clony 1

$$Q = 8,759 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 21,92 \text{ kPa}$$

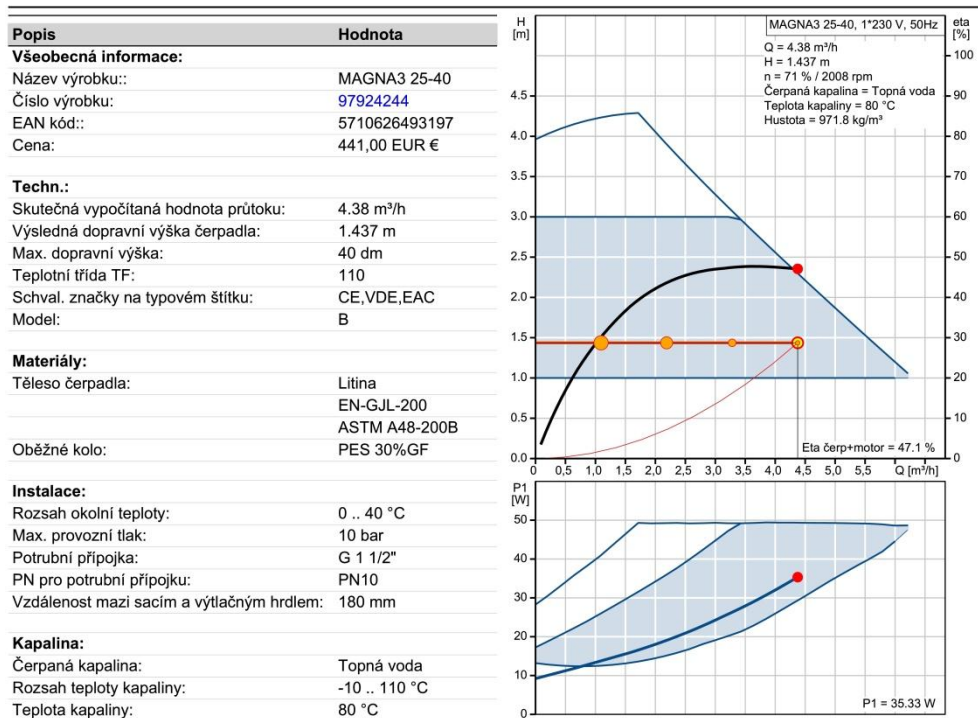
Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku::	MAGNA3 40-40 F
Číslo výrobku:	97924266
EAN kód::	5710626493418
Cena:	744,00 EUR €
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	8.76 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	2.192 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,EAC
Model:	B
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Standardní příruba:	DIN
Potrubií přípojka:	DN 40
PN pro potrubní přípojku:	PN6/10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	220 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	80 °C



10.7.7. Vzduchové clony a

$$Q = 4,379 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 14,37 \text{ kPa}$$



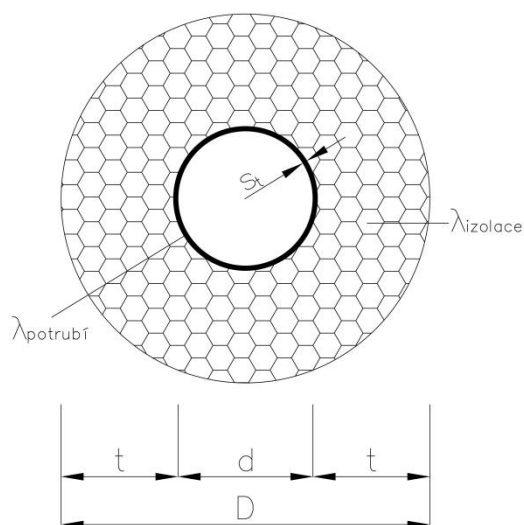
11. IZOLACE POTRUBÍ

Návrh tepelné izolace potrubí dle rozměrů potrubí – izolace Rockwool Pipa Als

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{potrubí}} \cdot \ln\left(\frac{d}{d - 2 \cdot s_t}\right)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{izolace}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

11.1. Potrubí – otopná tělesa

Tepelné izolace dle vyhlášky č.193/2007 Sb.							
Průměr potrubí Dxt [mm]	Tl. izolace t [mm]	d [mm]	D [mm]	s _t [mm]	λ _{izolace} [W/mK]	λ _{potrubí, Cu} [W/mK]	α _e [W/m²K]
12x1	20	12	52	1	0,038	372	10
15x1	30	15	75	1	0,038	372	10
18x1	40	18	98	1	0,038	372	10
22x1	40	22	102	1	0,038	372	10
28x1,5	40	28	108	1,5	0,038	372	10
35x1,5	50	35	135	1,5	0,038	372	10
42x1,5	50	42	142	1,5	0,038	372	10

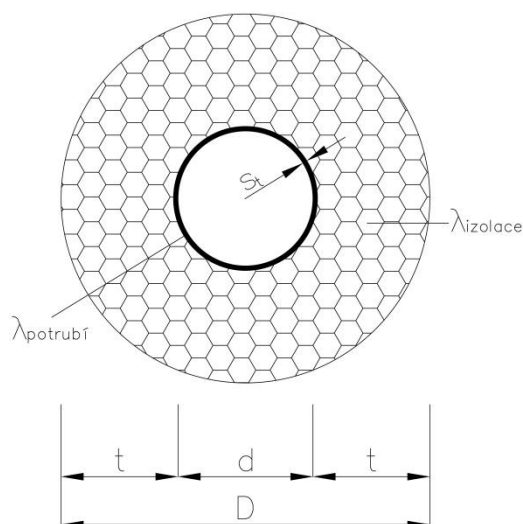


Průměr potrubí Dxt [mm]	U _{vypočtené} [W/m²K]	U _o [W/m²K]	Posouzení	
12x1	0,148	0,150	✓	Vyhovuje
15x1	0,140	0,150	✓	Vyhovuje
18x1	0,135	0,150	✓	Vyhovuje
22x1	0,148	0,180	✓	Vyhovuje
28x1,5	0,168	0,180	✓	Vyhovuje
35x1,5	0,170	0,180	✓	Vyhovuje
42x1,5	0,188	0,270	✓	Vyhovuje

11.2. Potrubí – vzduchové clony

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{potrubí}} \cdot \ln\left(\frac{d}{d - 2 \cdot s_t}\right)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{izolace}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

Tepelné izolace dle vyhlášky č.193/2007 Sb.								
Potrubí DN [mm]	Rozměr [']	Tl. izolace t [mm]	d [mm]	D [mm]	s _t [mm]	λ _{izolace} [W/mK]	λ _{potrubí} [W/mK]	α _e [W/m²K]
25	1	50	33,7	133,7	3,25	0,038	50	10
32	1 1/4	60	42,4	162,4	3,25	0,038	50	10
40	1 1/2	40	48,3	128,3	3,25	0,038	50	10
50	2	40	60,2	140,2	3,65	0,038	50	10
65	2 1/2	60	76	196	3,65	0,038	50	10

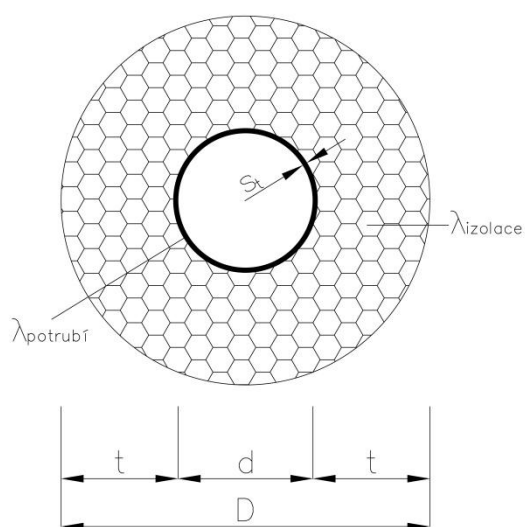


Průměr potrubí DN [mm]	U _{vypočtené} [W/m²K]	U _o [W/m²K]	Posouzení	
25	0,166	0,180	✓	Vyhovuje
32	0,172	0,180	✓	Vyhovuje
40	0,230	0,270	✓	Vyhovuje
50	0,265	0,270	✓	Vyhovuje
65	0,242	0,270	✓	Vyhovuje

11.3. Potrubí – sálavé panely

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{potrubí}} \cdot \ln\left(\frac{d}{d - 2 \cdot s_t}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{izolace}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} [W/mK]$$

Tepelné izolace dle vyhlášky č.193/2007 Sb.								
Potrubí DN [mm]	Rozměr [']	Tl. izolace t [mm]	d [mm]	D [mm]	s _t [mm]	λ _{izolace} [W/mK]	λ _{potrubí} [W/mK]	α _e [W/m ² K]
20	3/4	40	26,9	106,9	2,65	0,038	50	10
25	1	50	33,7	133,7	3,25	0,038	50	10
32	1 1/4	60	42,4	162,4	3,25	0,038	50	10

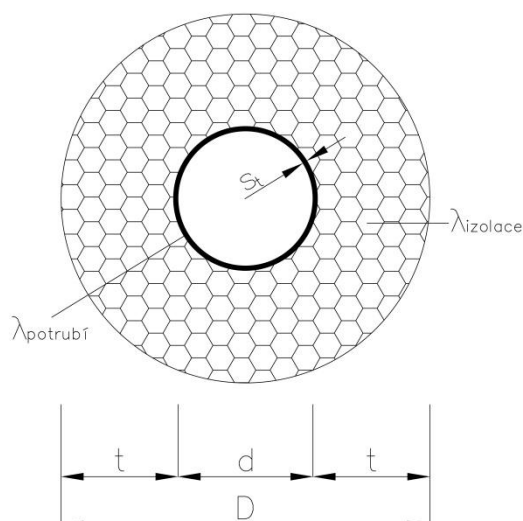


Průměr potrubí DN [mm]	U _{vypočtené} [W/m ² K]	U _o [W/m ² K]	Posouzení	
20	0,165	0,180	✓	Vyhovuje
25	0,166	0,180	✓	Vyhovuje
32	0,172	0,180	✓	Vyhovuje

11.4. Potrubí – teplovzdušné jednotky

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{potrubí}} \cdot \ln\left(\frac{d}{d - 2 \cdot s_t}\right)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{izolace}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

Tepelné izolace dle vyhlášky č.193/2007 Sb.								
Potrubí DN [mm]	Rozměr [']	Tl. izolace t [mm]	d [mm]	D [mm]	s _t [mm]	λ _{izolace} [W/mK]	λ _{potrubí} [W/mK]	α _e [W/m ² K]
25	1	50	33,7	133,7	3,25	0,038	50	10
32	1 1/4	60	42,4	162,4	3,25	0,038	50	10
40	1 1/2	40	48,3	128,3	3,25	0,038	50	10
50	2	40	60,2	140,2	3,65	0,038	50	10



Průměr potrubí DN [mm]	U _{vypočtené} [W/m ² K]	U _o [W/m ² K]	Posouzení	
25	0,166	0,180	✓	Vyhovuje
32	0,172	0,180	✓	Vyhovuje
40	0,230	0,270	✓	Vyhovuje
50	0,265	0,270	✓	Vyhovuje

12. NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

12.1. Varianta A

12.1.1. Vodní objem v soustavě

a) Otopná tělesa a potrubí

Objem vody v potrubí				
Dxt [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
12x1	0,079	27,1	2,1	211,9
15x1	0,133	131,5	17,5	
18x1	0,201	96,6	19,4	
22x1	0,314	92,0	28,9	
28x1	0,491	105,7	51,9	
35x1,5	0,804	69,6	56,0	
42x,15	1,195	30,2	36,1	

Objem vody v otopných tělesech						
Typ tělesa	L [m]	Ks	Objem vody [l/m]	Objem vody v 1 OT [l]	Σ Objem v OT [l]	Σ Objem [l]
33 VK - 500/1800	1,8	1	7,6	13,7	13,7	145,3
21 VK - 500/1400	1,4	3	5,1	7,1	21,4	
11 VK - 500/2000	2,0	1	2,7	5,4	5,4	
11 VK - 500/1800	1,8	1		4,9	4,9	
11 VK - 500/1600	1,6	3		4,3	13,0	
11 VK - 500/1400	1,4	4		3,8	15,1	
11 VK - 500/1200	1,2	2		3,2	6,5	
11 VKL - 500/1000	1,0	2		2,7	5,4	
11 VKL - 500/600	0,6	1		1,6	1,6	
10 VK - 500/1600	1,6	7	2,7	4,3	30,2	
10 VK - 500/1400	1,4	6		3,8	22,7	
10 VK - 500/1000	1,0	2		2,7	5,4	

b) Vzduchové clony a potrubí

Objem vody v potrubí				
DN [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
50	2,1979	34,8	76,5	994,3
65	3,7068	247,6	917,8	

Objem vody ve vzduchových clonách				
Typ clony	Objem vody [l]	Počet jednotek [ks]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
P-8W-400	4	6	24,0	24,0

c) Vzduchotechnické jednotky a potrubí

Objem vody v potrubí				
DN [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
20	0,3664	160,8	58,9	105,1
25	0,5811	23,6	13,7	
32	1,0122	32,1	32,5	

d) Sálavé panely a potrubí

Objem vody v potrubí				
DN [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
20	0,3664	85,3	31,3	298,3
25	0,5811	294,2	171,0	
32	1,0122	94,9	96,1	

Objem vody v závěsných sálavých panelech					
Modul	Šířka [mm]	Objem vody [l/m]	Délka panelů [m]	Objem dle modulu [l]	Σ Objem [l]
2	300	0,9817	160	157,1	616,5
3	450	1,4726	312	459,5	

12.1.2. Návrh expanzní nádoby

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n \quad [m^3]$$

V_o objem vody v otopné soustavě [m^3]

n koeficient zvětšení objemu při $t_{\max.} - 10^\circ C$

Objem vody v soustavě - souhrn		
Otopná tělesa a potrubí	357,2	/
Vzduchové clony a potrubí	1018,3	/
Vzduchotechnické jednotky a potrubí	117,1	/
Sálavé panely a potrubí	914,8	/
Kotel a potrubí	147,1	/
HVDT	34,0	/
	Σ 2588,5	/
	Σ 2,589	m^3

$$V_e = 1,3 \cdot 2,589 \cdot 0,0295 = 0,0993 \, m^3$$

$$V_{ep} = \frac{V_e(p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} \quad [m^3]$$

V_{ep} objem expanzní nádoby [m^3]

p_{hdov} nejvyšší dovolený přetlak soustavy [kPa]

p_{ddov} nejnižší dovolený provozní přetlak [kPa]

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \quad [kPa]$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 6,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$p_{ddov} \geq 70 \, kPa \Rightarrow p_d = \mathbf{80 \, kPa}$$

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) \quad [kPa]$$

$$p_{hdov} \leq 400 - (1,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3})$$

$$p_{hdov} \leq 385 \, kPa \Rightarrow p_{hp} = \mathbf{350 \, kPa}$$

$$V_{ep} = \frac{0,0993 \cdot (350 + 100)}{350 - 80} = 0,166 \, m^3$$

Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} \quad [mm]$$

Q_p pojistný výkon [kW]

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 374^{0,5} = 21,6 \, mm \Rightarrow \text{potrubí } 28 \times 1,5 \, (DN25)$$

Navržena tlaková expanzní nádoba AQUAFILL HS, objem 200 l, max. tlak 600kPa.

12.2. Varianta B

12.2.1. Vodní objem v soustavě

a) Otopná tělesa a potrubí

Objem vody v potrubí				
Dxt [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
12x1	0,079	27,1	2,1	211,9
15x1	0,133	131,5	17,5	
18x1	0,201	96,6	19,4	
22x1	0,314	92,0	28,9	
28x1	0,491	105,7	51,9	
35x1,5	0,804	69,6	56,0	
42x,15	1,195	30,2	36,1	

Objem vody v otopných tělesech						
Typ tělesa	L [m]	Ks	Objem vody [l/m]	Objem vody v 1 OT [l]	Σ Objem v OT [l]	Σ Objem [l]
33 VK - 500/1800	1,8	1	7,6	13,7	13,7	145,3
21 VK - 500/1400	1,4	3	5,1	7,1	21,4	
11 VK - 500/2000	2,0	1	2,7	5,4	5,4	
11 VK - 500/1800	1,8	1		4,9	4,9	
11 VK - 500/1600	1,6	3		4,3	13,0	
11 VK - 500/1400	1,4	4		3,8	15,1	
11 VK - 500/1200	1,2	2		3,2	6,5	
11 VKL - 500/1000	1,0	2		2,7	5,4	
11 VKL - 500/600	0,6	1		1,6	1,6	
10 VK - 500/1600	1,6	7	2,7	4,3	30,2	
10 VK - 500/1400	1,4	6		3,8	22,7	
10 VK - 500/1000	1,0	2		2,7	5,4	

b) Vzduchové clony a potrubí

Objem vody v potrubí				
DN [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
50	2,1979	34,8	76,5	994,3
65	3,7068	247,6	917,8	

Objem vody ve vzduchových clonách				
Typ clony	Objem vody [l]	Počet jednotek [ks]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
P-8W-400	4	6	24,0	24,0

c) Vzduchotechnické jednotky a potrubí

Objem vody v potrubí				
DN [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
20	0,3664	160,8	58,9	105,1
25	0,5811	23,6	13,7	
32	1,0122	32,1	32,5	

d) Teplovzdušné jednotky a potrubí

Objem vody v potrubí				
DN [mm]	Objem [l/m]	Délka potrubí [m]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
25	0,5811	181,7	105,6	516,6
32	1,0122	231,5	234,3	
40	1,3723	65,8	90,3	
50	2,1979	39,3	86,4	

Objem vody v jednotkách SAHARA				
Typ výměníku	Objem vody [l]	Počet jednotek [ks]	Objem vody dle DN [l]	Σ Objem [l]
Cu/Al	1	16	16,0	16,0

12.2.2. Návrh expanzní nádoby

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n \quad [m^3]$$

V_o objem vody v otopné soustavě [m^3]

n koeficient zvětšení objemu při $t_{\max.} - 10^\circ\text{C}$

Objem vody v soustavě - souhrn		
Otopná tělesa a potrubí	357,2	/
Vzduchové clony a potrubí	1018,3	/
Vzduchotechnické jednotky a potrubí	117,1	/
Teplovzdušné jednotky a potrubí	532,6	/
Kotel a potrubí	147,1	/
HVDT	34,0	/
	Σ 2206,3	/
	Σ 2,206	m^3

$$V_e = 1,3 \cdot 2,206 \cdot 0,0295 = 0,0846 \, m^3$$

$$V_{ep} = \frac{V_e(p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} \quad [m^3]$$

V_{ep} objem expanzní nádoby [m^3]

p_{hdov} nejvyšší dovolený přetlak soustavy [kPa]

p_{ddov} nejnižší dovolený provozní přetlak [kPa]

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \quad [kPa]$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 4,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$p_{ddov} \geq 49 \, kPa \Rightarrow p_d = \mathbf{80 \, kPa}$$

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) \quad [kPa]$$

$$p_{hdov} \leq 400 - (1,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3})$$

$$p_{hdov} \leq 385 \, kPa \Rightarrow p_{hp} = \mathbf{350 \, kPa}$$

$$V_{ep} = \frac{0,0846 \cdot (350 + 100)}{350 - 80} = 0,141 \, m^3$$

Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} \quad [mm]$$

Q_p pojistný výkon [kW]

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 374^{0,5} = 21,6 \, mm \Rightarrow \text{potrubí } 28 \times 1,5 \, (DN25)$$

Navržena tlaková expanzní nádoba AQUAFILL HS, objem 150 l, max. tlak 600kPa.

12.3. Návrh pojistného ventilu

Průřez sedla pojistného ventilu

$$A_o = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} \quad [mm^2]$$

Q_p pojistný výkon 1 kotle [kW]

α_v výtokový součinitel pojistného ventilu

K konstanta závislá na stavu syté vodní páry při přetlaku p_{ot} [kW/mm²]

$$A_o = \frac{187}{0,558 \cdot 1,41} = 237,68 \text{ mm}^2$$

Ideální průměr sedla pojistného ventilu

$$d_i = 2 \left(\frac{A_o}{\pi} \right)^{0,5} \quad [mm]$$

A_o průřez sedla pojistného ventilu [mm²]

$$d_i = 2 \left(\frac{237,68}{\pi} \right)^{0,5} = 17,40 \text{ mm}$$

Průměr sedla skutečného pojistného ventilu

$$d_o = a \cdot d_i \quad [mm]$$

a součinitel zvětšení sedla závislý na α_v [-]

d_i ideální průměr sedla pojistného ventilu [mm]

$$d_o = 1,34 \cdot 17,40 = 23,32 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr pojistného potrubí

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} \quad [mm]$$

Q_p pojistný výkon [kW]

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot 187^{0,5} = 34,14 \text{ mm} \Rightarrow DN32$$

Navržen 2x membránový pojistný ventil Honeywell Braukmann SM120.

Průměr sedla 24 mm.

13. ROČNÍ POTŘEBA TEPLA

HALA I. - ČSN EN ISO 13790												
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
počet dní	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
počet hodin	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
teplota te	-1,9	0,4	4,5	9,7	14,6	17,6	19,1	18,6	14,8	9,5	4,1	0

Energie dopadajícího slunečního záření (kWh/m².den)

Svět.strana	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,300	0,234
J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759
V	0,468	0,867	1,340	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,450	0,347
Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347
H	0,613	1,188	2,090	3,303	4,358	4,412	4,391	3,955	2,585	1,598	0,692	0,484

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Q _{TR}	-233,958	-209,387	-165,587	-110,035	-57,688	-25,639	-9,615	-14,956	-55,552	-112,172	-169,860	-213,660
Q _{VE}	-159,596	-142,835	-112,956	-75,0613	-39,3625	-17,49	-6,55875	-10,2025	-37,895	-76,5188	-115,871	-145,75
Q _{SOL.S}	1,338	2,408	3,245	4,736	6,021	6,841	6,390	5,184	3,734	2,540	1,243	0,970
Q _{SOL.J}	2,750	4,888	5,639	6,054	6,221	5,515	5,778	6,581	5,599	4,555	2,613	1,887
Q _{SOL.V}	12,169	22,544	34,843	50,756	74,704	74,158	69,451	67,995	42,071	25,612	11,701	9,023
Q _{SOL.Z}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ΣQ _{SOL}	16,257	29,839	43,726	61,546	86,945	86,514	81,619	79,760	51,404	32,707	15,557	11,879
Q _{os}	21,824											

Q _{spotřebic}	107,856											
Q _{light}	269,640											
Q _{int}	399,320											
γ	1,056	1,218	1,591	2,490	5,011	11,265	29,736	19,042	4,823	2,290	1,452	1,144
C	374500											
τ	0,094											
a	1,006											

η _H	0,487908	0,452166	0,387175	0,287324	0,16671	0,081645	0,032558	0,049942	0,172088	0,304835	0,409076	0,467848
Q _{H,d}	190,791	158,171	107,006	52,678	15,975	3,463	0,515	1,232	15,883	56,993	116,015	167,031
Q _{H,m}	5914,51	4428,78	3317,19	1580,35	495,23	103,90	15,97	38,20	476,48	1766,79	3480,44	5177,96
Celková potřeba tepla [kWh/rok]												26795,8

Břeclav	
Svět.strana	Plocha [m ²]
S	7,5
J	4,5
V	47,1
Z	0

PDL.plocha= 1498 m²

te [°C] = -12

ti [°C] = 20

Ztráta prostupem = 14,24 kW

Ztráta větráním = 21,20 kW

H_{TR} = 445,1 W/K

H_V = 662,5 W/K

VZT = 11 hod.

g = 0,65 trojsklo

(S)potřeba tepla (TV) =

Q_{TUV,d} = 1,5*3,43*1,163*45

Q_{TUV,d} = 269,26 kWh

Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d}*d + 0,8 * Q_{TUV,d}*0,89*(N-d)

Q_{TUV,r} = 269,26*224 + 0,8*269,26*0,89*(350-224)

Q_{TUV,r} = 84,47 MWh/rok

HALA II. - ČSN EN ISO 13790												
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Zaří	Říjen	Listopad	Prosinec
počet dnů	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
počet hodin	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
tepnota te	-1,9	0,4	4,5	9,7	14,6	17,6	19,1	18,6	14,8	9,5	4,1	0
Energie dopadajícího slunečního záření (kWh/m².den)												
Svět.strana	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Zaří	Říjen	Listopad	Prosinec
S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,300	0,234
J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759
V	0,468	0,867	1,340	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,450	0,347
Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347
H	0,613	1,188	2,090	3,303	4,358	4,412	4,391	3,955	2,585	1,598	0,692	0,484
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Zaří	Říjen	Listopad	Prosinec
Q _{TR}	-770,979	-671,914	-495,321	-271,350	-60,300	68,914	133,521	111,986	-51,686	-279,964	-512,550	-689,143
Q _{VE}	-348,794	-303,977	-224,086	-122,76	-27,28	31,17714	60,40571	50,66286	-23,3829	-126,657	-231,88	-311,7714
Q _{SOL.H}	38,016	73,675	129,613	204,839	270,266	273,615	272,312	245,273	160,311	99,102	42,915	30,016
Q _{SOL.J}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q _{SOL.V}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q _{SOL.Z}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣQ _{SOL}	38,016	73,675	129,613	204,839	270,266	273,615	272,312	245,273	160,311	99,102	42,915	30,016
Q _{os}	122,760											
Q _{spotřebič}	34,307											
Q _{light}	428,832											
Q _{int}	585,899											
γ	0,557	0,676	0,995	2,006	9,776	8,587	4,425	5,110	9,940	1,685	0,845	0,615
C	357360											
τ	0,028											
a	1,002											
η _H	0,642749	0,597245	0,501822	0,33291	0,092841	0,104354	0,184438	0,163761	0,091444	0,372823	0,542596	0,619612
Q _{H,d}	718,752	581,964	360,347	130,866	8,093	10,398	35,640	26,535	6,832	151,238	403,238	619,286
Q _{H,m}	22281,32	16295,00	11170,77	3925,97	250,88	311,94	1104,85	822,60	204,96	4688,36	12097,14	19197,88
Celková potřeba tepla [kWh/rok]											92351,7	

Břecílav	
Typ	Plocha [m²]
světlik (H)	96,0
J	
V	
Z	

PDL.plocha= 1429 m²
te [°C] = -12
ti [°C] = 16
Ztráta prostupem = 50,25 kW
Ztráta větráním = 49,60 kW

H_{TR} = 1794,6 W/K
H_V = 1771,4 W/K
VZT = 11 hod.
g = 0,76 izol.vrstvené sklo

HALA III. - ČSN EN ISO 13790												
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
počet dnů	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
počet hodin	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
teplota te	-1,9	0,4	4,5	9,7	14,6	17,6	19,1	18,6	14,8	9,5	4,1	0

Energie dopadajícího slunečního záření (kWh/m².den)

Svět.strana	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,300	0,234
J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759
V	0,468	0,867	1,340	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,450	0,347
Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347
H	0,613	1,188	2,090	3,303	4,358	4,412	4,391	3,955	2,585	1,598	0,692	0,484

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Q _{TR}	-662,590	-586,010	-449,496	-276,357	-113,206	-13,318	36,626	19,978	-106,547	-283,016	-462,814	-599,328
Q _{VE}	-114,558	-101,317	-77,715	-47,7803	-19,5727	-2,30267	6,332333	3,454	-18,4213	-48,9317	-80,0177	-103,62
Q _{SOL.S}	1,647	2,963	3,993	5,829	7,410	8,420	7,864	6,380	4,595	3,126	1,530	1,193
Q _{SOL.J}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q _{SOL.V}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q _{SOL.Z}	10,865	21,056	28,835	39,307	45,123	47,722	50,565	44,076	30,874	20,682	10,603	6,489
Q _{SOL.H}	34,452	66,768	117,462	185,635	244,928	247,963	246,783	222,279	145,282	89,811	38,892	27,202
ΣQ _{SOL}	46,964	90,787	150,291	230,772	297,462	304,106	305,212	272,735	180,751	113,619	51,025	34,884
Q _{os}	6,138											
Q _{spotřebič}	31,520											
Q _{light}	236,432											
Q _{int}	274,090											
γ	0,413	0,531	0,805	1,558	4,305	37,014	13,485	23,337	3,640	1,168	0,599	0,440
C	328377,5											
τ	0,048											
a	1,003											

η _{th}	0,708645	0,654197	0,554904	0,3916	0,188733	0,026314	0,069078	0,041107	0,215797	0,461988	0,626372	0,695654
Q _{H,d}	549,635	448,625	291,720	126,433	24,909	0,406	2,941	0,953	26,815	152,831	339,189	488,009
Q _{H,m}	17038,69	12561,51	9043,33	3793,00	772,17	12,19	91,17	29,55	804,46	4737,75	10175,68	15128,28
Celková potřeba tepla [kWh/rok]												74158,2

Břeclav	
Svět.strana	Plocha [m²]
S	12,0
J	0,0
V	0,0
Z	44,0
Světlik	87,0

PDL.plocha= 1314 m²

te [°C] = -12

ti [°C] = 18

Ztráta prostupem = 41,62 kW

Ztráta větráním = 15,70 kW

H_{TR} = 1387,3 W/K

H_V = 523,3 W/K

VZT = 11 hod.

g_{světlik} = 0,76 izol.vrstvené sklo

g_{panel} = 0,5 WL

SUMA HALA I. - HALA III.			
Potřeba hala I.		26,80	MWh
Potřeba hala II.		92,35	
Potřeba hala III.		74,16	
Spotřeba objekt VYT+VZT		223,73	
Spotřeba TV		84,47	

C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

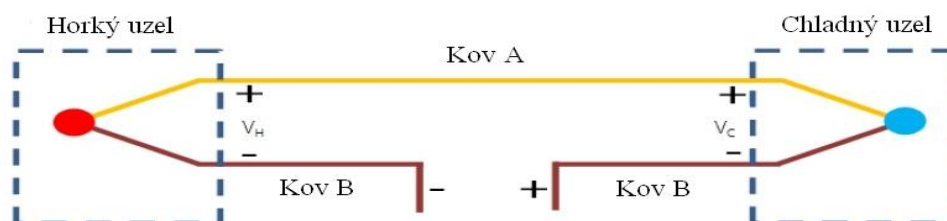
1. Úvod

Využití tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je pro většinu z nás naprosto běžná věc. Méně běžné ovšem je získávat z tepla energii elektrickou, kdy mimo jiné můžeme zužítkovat odpadní teplo, které by jinak bez dalšího využití uniklo do okolí.

Mnoho výrobců nabízí produkt s označením EcoFan, což je ventilátor využívající termoelektrického jevu navržený k zajištění cirkulace teplého vzduchu např. od krbových kamen. V teoretické části byla jedna z kapitol věnována právě termoelektrickým jevům, a to Seebeckovu a Peltierovu. Právě první ze jmenovaných jevů společně s ventilátorem posloužil k experimentálním účelům, které probíhaly v laboratoři ústavu Technických zařízení budov, přesněji v místnosti E520.

2. Popis a cíl experimentu

Zařízením využitým v experimentu byl termoelektrický ventilátor, který by v ideálním případě přeměňoval energie z odpadního tepla na energii elektrickou. Toto zařízení, které funguje na principu termoelektrických jevů, je určeno pro domácnosti s lokálními topidly. V prvním čtvrtletí 19. století fyzik Thomas Johann Seebeck zjistil, že pokud mají dva spoje dvou kovů rozdílnou teplotu, vzniká elektrické napětí.



Obr. 1 Seebeckův jev [1]

Zařízení tedy funguje na principu dvou různých teplot a umístění termočlánku uvnitř konstrukce ventilátoru. Pata ventilátoru je v kontaktu s plochou lokálního topidla a má mnohem větší teplotu než je teplota nad termoelektrickým článkem. Díky rozdílu teplot dochází v článku k výrobě elektrické energie, která pohání listy ventilátoru, jenž zajišťuje tepelnou pohodu a lepší proudění teplého vzduchu v místnosti.



Obr. 2 Ventilátor EcoFan - lze vidět termoelektrický článek [autor]

V případě že bychom chtěli nejen zlepšovat tepelnou pohodu místnosti a dostali bychom se i k variantě získávání elektrické energie na pohon jiných přístrojů, než jen lopatek ventilátoru, narazíme na problém s účinností takového systému. Rozhodně se nedá očekávat, že se veškeré teplo přemění na elektřinu a tedy, že by systém pracoval se 100% účinností. Otázkou tedy zůstává, kolik energie elektrické lze „vytěžit“ z energie tepelné. Pan Albert Betz zformuloval pro větrem poháněné stroje tzv. Betzovo pravidlo, které určuje procentuální množství energie, které lze získat pomocí rotoru z daného média. Inspirovat bychom se tedy mohli právě tímto pravidlem, i když pravdou je, že náš přístroj není poháněn energií větru a vznikne tedy určitá odchylka.

Cílem tohoto experimentu proto bylo pokusit se zjistit účinnost přeměny tepla, dále zjistit objemové množství vzduchu při různých rychlostech a nakonec se zabývat analýzou dosahu proudu.

3. Metodika měření a použité prostředky

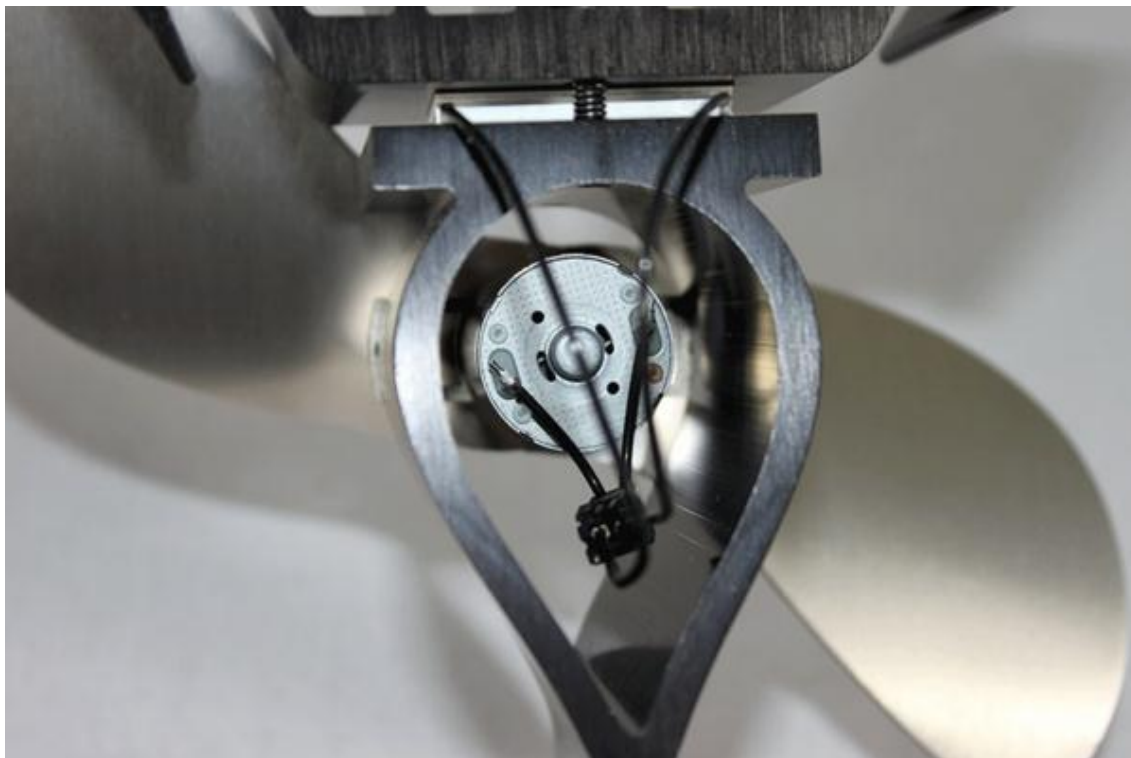
Z důvodu absence lokálních topidel byla modelem plotna elektrického vaříče. Ventilátor byl na třech místech opatřen termočlánky, které měřily teplotu paty ventilátoru (1), jež byla v kontaktu s povrchem plotny, dále pak teplotu mezi patou a termoelektrickým článkem ventilátoru, kterou dále v textu a v grafech označuji jako teplotu nohy (2) a nakonec místo nad termoelektrickým článkem (3).



Obr. 3 Ventilátor opatřený termočlánky na třech místech [autor]

Vaříč měl 6 výkonových stupňů, kdy se po dosažení maximální teploty automaticky vypnul a po ochlazení na určitou teplotu se opět zapnul. Cílem bylo stanovit nejen teplotu ve třech měřicích místech, ale také změřit otáčky lopatek a napětí, které se generuje. V počátcích měření byl postup takový, že se vaříč vždy spustil na určitý stupeň a při dané teplotě se měřily otáčky a napětí. Po ustálení teploty se zvýšil výkonový stupeň vaříče a mělo proběhnout další měření. Jak se však ukázalo, tento způsob byl nejen časově náročný, kdy při určité teplotě člověk musel rychle odečíst napětí i otáčky, ale náročný také z důvodu skokových změn teplot, které nedovolovaly změřit přesné hodnoty. Na několika jalových měřeních jsem dospěl k závěru, že bude nutno přijít s jiným způsobem.

Zvolil jsem proto opačný postup, při kterém se vaříč spustil na maximální stupeň a po dosažení limitní teploty se vypnul a nechal se vychlázet. Veškeré teploty se zaznamenávaly pomocí měřicí ústředny. Jako výchozí teplota pro měření všech ostatních veličin byla určena teplota, kterou měřilo čidlo umístěné mezi patou a termoelektrickým článkem. Tato teplota dosahovala maximálně teploty 160°C a další měření probíhala vždy při rozdílu 10 K až k teplotě 40°C. Při nižších teplotách se neměřilo z důvodu malého teplotního rozdílu, kdy se lopatky ventilátoru přestaly točit.



Obr. 4 Detail zádní části ventilátoru a kontaktů, na kterých bylo měřeno napětí

Při prvním měření, konkrétně při teplotě 160°C, se změřily otáčky a zároveň napětí. Teplota od 160°C do 100°C velice rychle klesala, takže měřicí vedení od multimetru muselo být téměř trvale připojeno ke kontaktům, které lze vidět na obr. 4, hlavně tedy kvůli ustálení zapisovaných hodnot napětí. Při teplotách pod 100°C se měřicí cyklus prodlužoval, protože pokles teploty nebyl tak rapidní.

Všechna zařízení a použité měřicí prostředky mi byly poskytnuty Ústavem technických zařízení budov a jsou vyjmenovány níže.

- Ventilátor s termoelektrickým článkem



- Jednoplátňový elektrický vaříč Concept VE 3010



- Digitální multimetr Voltcraft VC-850: přesnost $\pm 0,5\%$



- Bezkontaktní laserový otáčkoměr CEM AT-6: přesnost $\pm 0,05\%$



- Měřicí ústředna Ahlborn Almemo 5590



- Termočlánky ALMEMO NiCr-Ni (K) – ZA 9020 FS: přesnost $\pm 0,05$ K



- Termoanemometry FVA645TH3: přesnost $\pm 0,01$ m/s



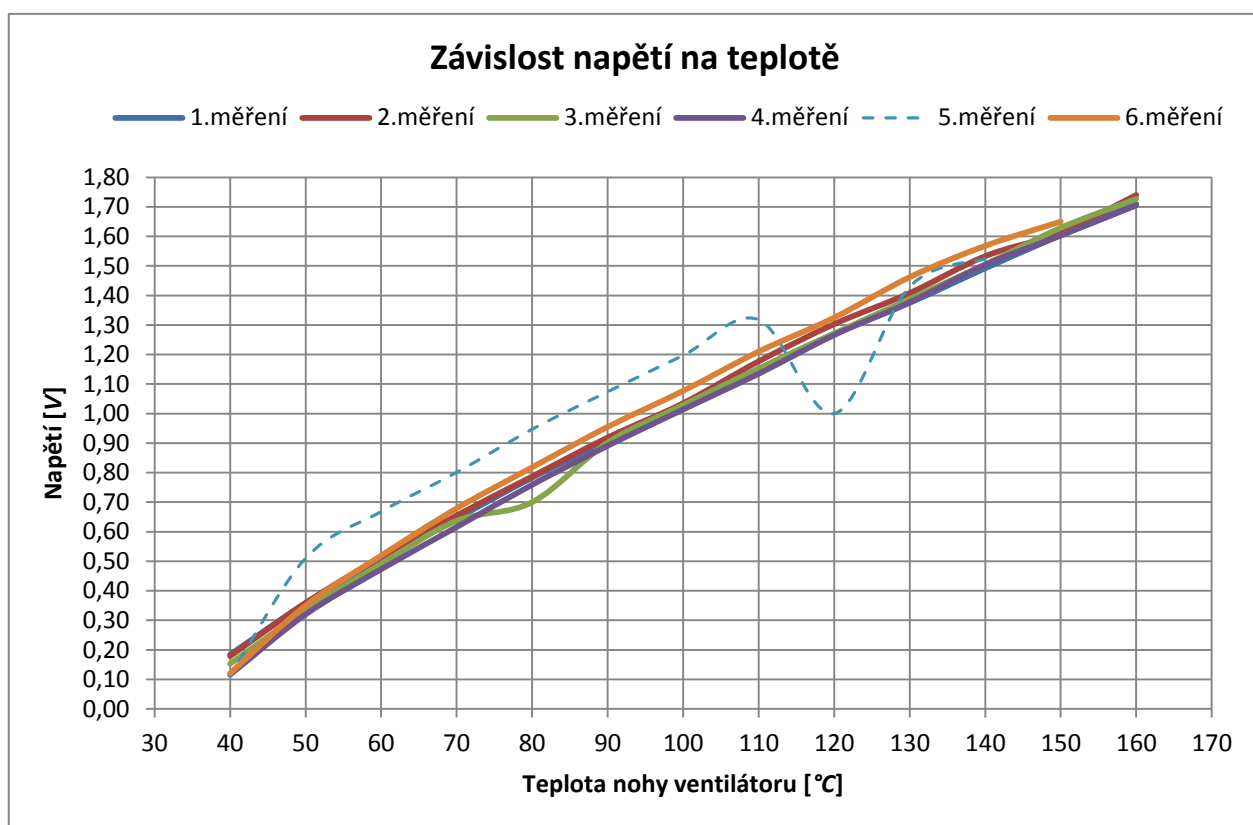
4. Měření napětí

Naměřená data jsou zpracována tabulkově a vyhodnocena v grafické formě. Z grafu opakovaných měření stejných veličin lze předpokládat, že páté měření je chybné, a proto v koncovém grafu není započítáváno do průměru.

Drobnou poznámkou je fakt, že u pátého měření při teplotách 160°C a 150°C a u šestého měření při 160°C není změřeno napětí. Pokles teplot byl tak náhlý, že nebylo možné danou veličinu při dané teplotě změřit.

Tab. 1 Napětí při daných teplotách nohy ventilátoru – sada č.1

$T_{2 - \text{noha}}$ [°C]	Napětí 1 [V]	Napětí 2 [V]	Napětí 3 [V]	Napětí 4 [V]	Napětí 5 [V]	Napětí 6 [V]
160	1,710	1,740	1,727	1,705	-	-
150	1,604	1,613	1,629	1,603	-	1,650
140	1,492	1,533	1,505	1,504	1,524	1,568
130	1,375	1,408	1,388	1,377	1,430	1,462
120	1,270	1,303	1,271	1,266	1,000	1,325
110	1,150	1,177	1,153	1,135	1,318	1,210
100	1,025	1,035	1,029	1,014	1,197	1,077
90	0,908	0,919	0,902	0,891	1,074	0,955
80	0,783	0,787	0,700	0,759	0,947	0,818
70	0,645	0,655	0,637	0,616	0,801	0,679
60	0,507	0,514	0,491	0,473	0,668	0,519
50	0,358	0,359	0,333	0,320	0,510	0,350
40	0,184	0,179	0,153	0,116	0,113	0,121

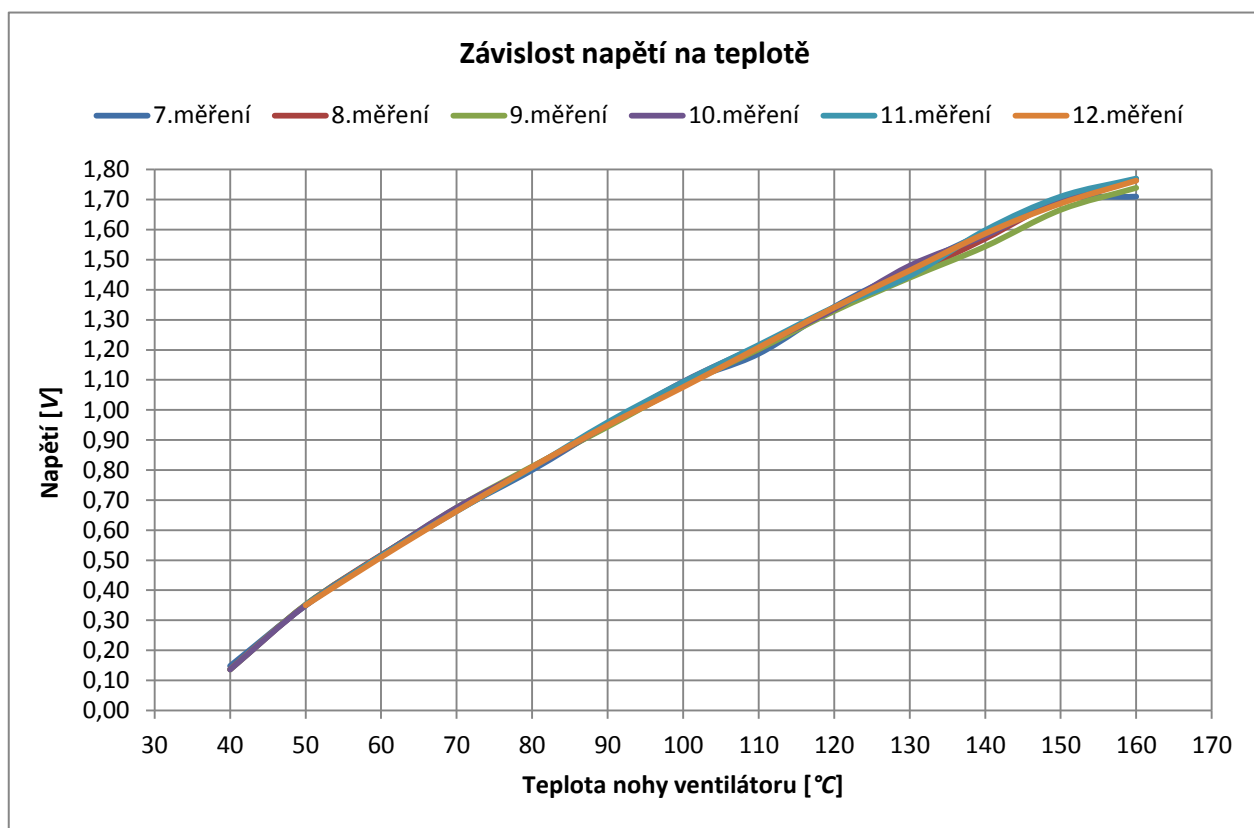


Graf 1 Napětí v závislosti na teplotě – grafu je patrná chyba 5.měření

Další sada měření napětí je opět zpracována tabulkově a následně graficky, kdy je jasné vidět, že u těchto měření nedošlo k výrazným odchylkám, a proto byly veškeré hodnoty zahrnuty do hodnot průměrného napětí.

Tab. 2 Napětí při daných teplotách nohy ventilátoru – sada.č 2

T_2 - noha [°C]	Napětí 7 [V]	Napětí 8 [V]	Napětí 9 [V]	Napětí 10 [V]	Napětí 11 [V]	Napětí 12 [V]
160	1,710	1,767	1,739	1,765	1,770	1,763
150	1,698	1,700	1,666	1,700	1,710	1,687
140	1,590	1,570	1,544	1,580	1,598	1,587
130	1,471	1,450	1,440	1,480	1,446	1,464
120	1,343	1,340	1,329	1,335	1,342	1,341
110	1,187	1,202	1,202	1,213	1,216	1,208
100	1,090	1,087	1,080	1,094	1,093	1,076
90	0,951	0,947	0,944	0,951	0,959	0,949
80	0,800	0,810	0,812	0,808	0,808	0,810
70	0,665	0,665	0,675	0,675	0,663	0,663
60	0,515	0,517	0,515	0,515	0,514	0,510
50	0,349	0,351	0,352	0,350	0,352	0,350
40	0,148	0,137	0,136	0,136	-	-

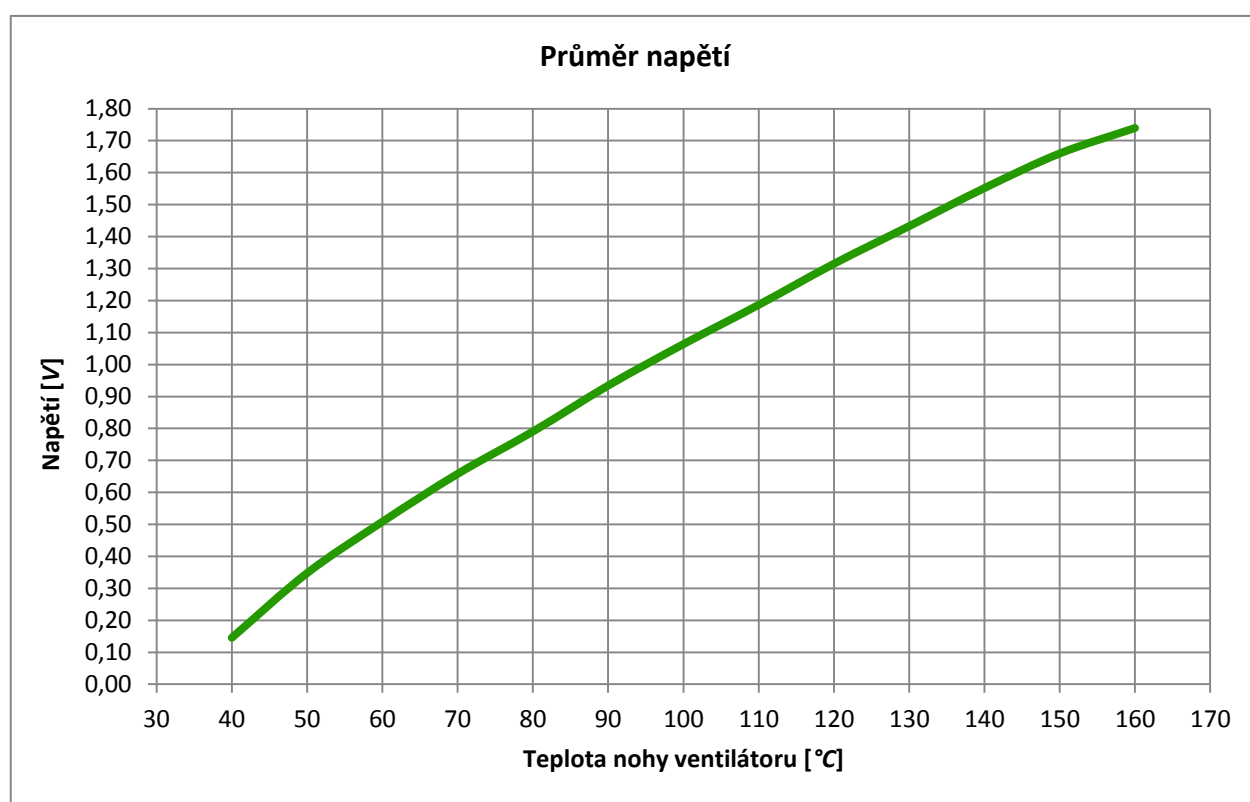


Graf 2 Napětí v závislosti na teplotě – žádné měření nevykazuje výraznou odchylku

Naměřená napětí vyjma pátého měření byla zprůměrována pro jednotlivé teploty a jsou zpracována v tabulkové i grafické podobě. Původně bylo uvažováno i s rovnicí, která by pokryla napětí pro jiné než změřené teploty. Z důvodu zaokrouhlování a malých rozdílů v napětích však tato rovnice není natolik přesná, a proto zde není uvedena.

Tab. 3 Průměrná napětí z jednotlivých měření při daných teplotách nohy ventilátoru

$T_2 - \text{noha } [^{\circ}\text{C}]$	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
Napětí [V]	1,740	1,660	1,552	1,433	1,315	1,187	1,064	0,934	0,790	0,658	0,508	0,348	0,146



Graf 3 Průměrná napětí ze všech měření

5. Měření otáček

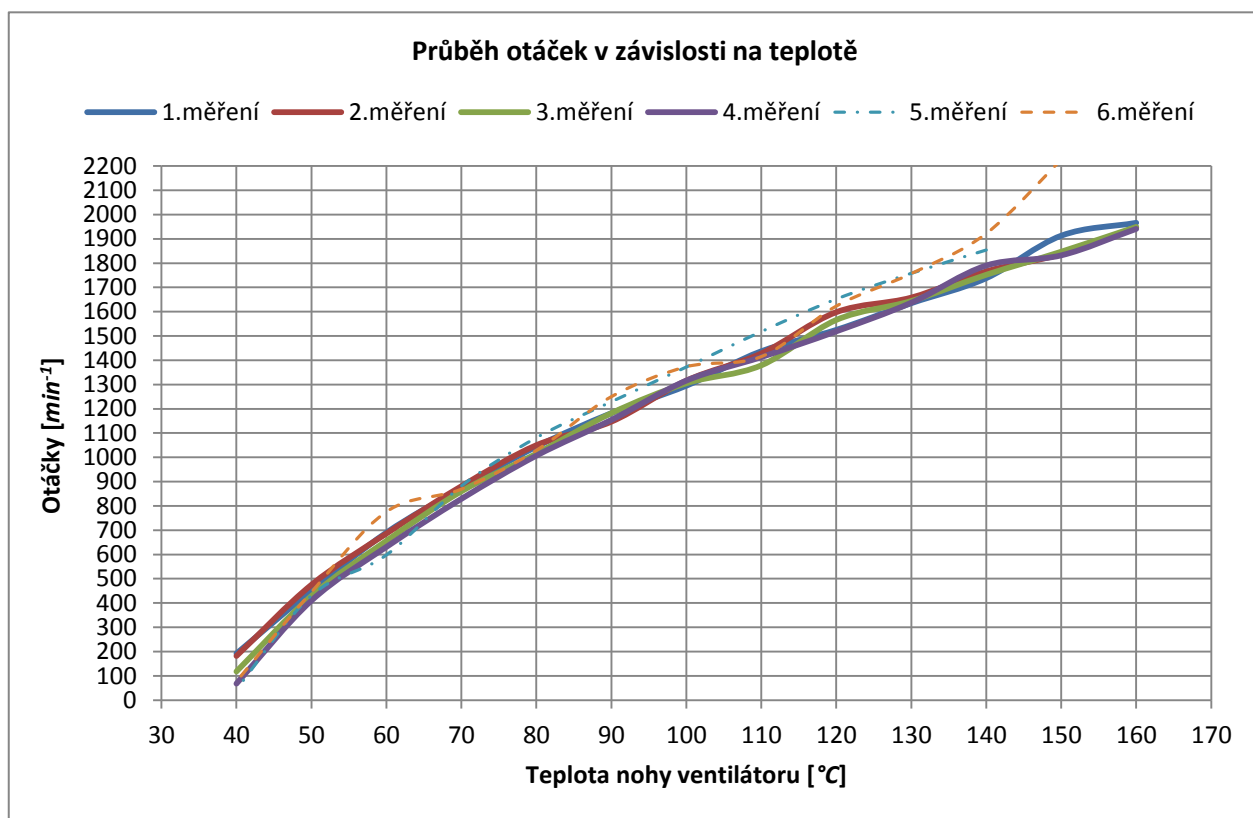
Stejně jako napětí, tak i při daných teplotách byly měřeny otáčky. Při měření pomocí bezkontaktního laserového otáčkoměru se někdy objevovaly chyby zatížené principem samotného otáčkoměru. Proto bylo pro každou teplotu důležité měření kontrolovat a zapisovat pouze ty hodnoty, jež razantně nevybočovaly.

Tab. 4 Naměřené otáčky v první sadě měření

T_2 - noha [°C]	Otáčky 1	Otáčky 2	Otáčky 3	Otáčky 4	Otáčky 5	Otáčky 6
160	1966	1947	1949	1941	-	-
150	1913	1837	1847	1832	-	2227
140	1738	1766	1752	1790	1854	1922
130	1635	1658	1644	1637	1758	1757
120	1525	1598	1566	1519	1652	1623
110	1437	1428	1379	1413	1518	1415
100	1295	1316	1305	1316	1372	1373
90	1182	1147	1182	1154	1229	1250
80	1044	1050	1015	1007	1081	1029
70	873	881	860	829	882	869
60	690	686	656	631	598	776
50	451	475	429	410	431	445
40	192	182	118	68	45	77

V tabulce chybí otáčky u dvou nejvyšších teplot při pátém a šestém měření. Tento nedostatek byl způsoben díky otáčkoměru, který při těchto měřeních ukazoval čísla, jež pro danou teplotu byla nepřipustná. Měření otáček se opakovalo, nicméně teplota ze 160°C na 150°C a níže klesala velice rychle, a proto nebyl dostatek času na tolik opakování, aby se chyba měření odstranila.

Z grafu č.4 je jasné vidět, že šesté měření nejvíce vybočuje z ostatních naměřených hodnot. Při pátém měření dochází k odchylce otáček u vysokých teplot. Ani jedno z těchto dvou měření nebylo zahrnuto do zprůměrovaných hodnot otáček.

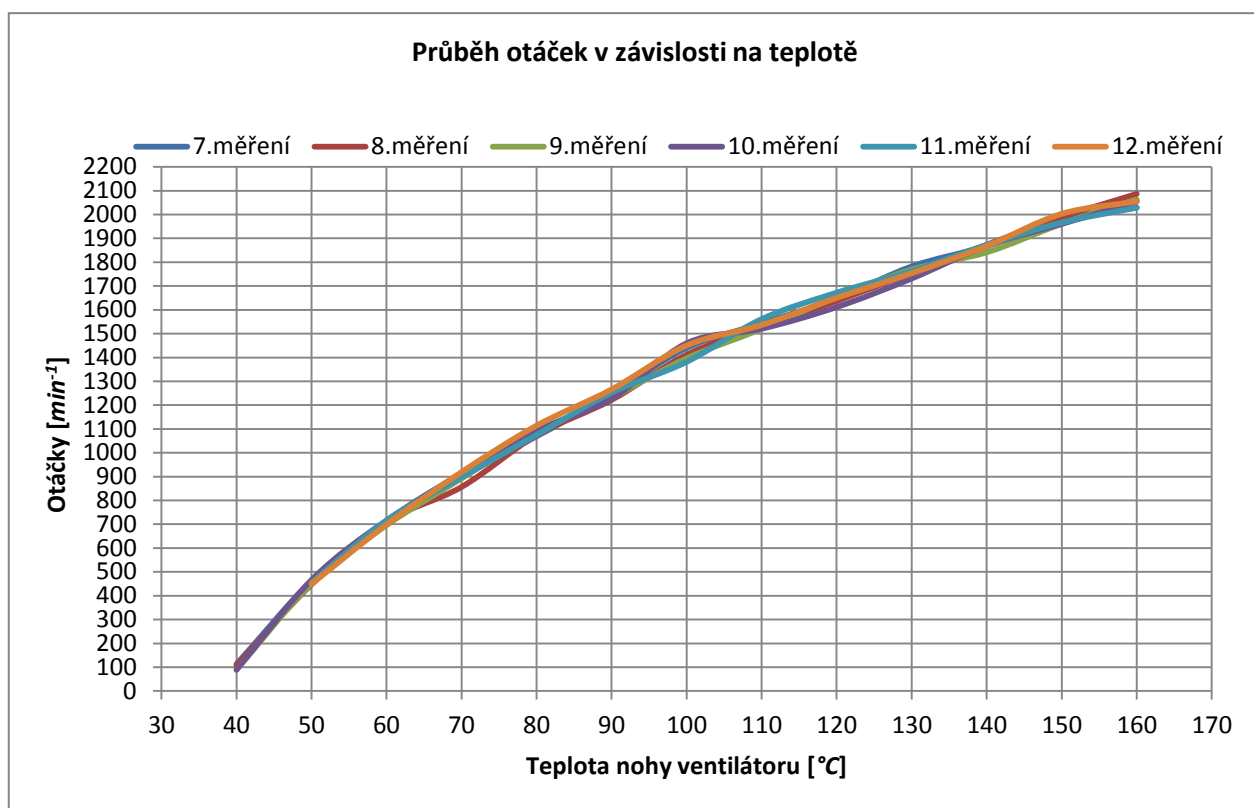


Graf 4 Závislost otáček na teplotě – odchylka u 5. a 6. měření

Při dalších měřeních se opět ukázalo, stejně jako u napětí, že měření sedm až dvanáct jsou, zdá se přesnější, což lze pozorovat v následující tabulce a ještě názorněji to je patrné z grafické formy.

Tab. 5 Hodnoty otáček pro měření 7 – 12

T_2 - noha [°C]	Otáčky 7	Otáčky 8	Otáčky 9	Otáčky 10	Otáčky 11	Otáčky 12
160	2029	2087	2063	2055	2029	2056
150	1979	1989	1961	1961	1966	2003
140	1868	1873	1842	1869	1873	1868
130	1782	1755	1769	1732	1763	1754
120	1647	1637	1654	1612	1672	1650
110	1543	1530	1520	1521	1561	1537
100	1440	1412	1397	1460	1382	1451
90	1247	1222	1232	1227	1253	1266
80	1069	1074	1084	1092	1075	1114
70	912	857	892	902	898	919
60	715	710	696	716	716	699
50	461	448	452	466	455	449
40	113	108	90	89	-	-

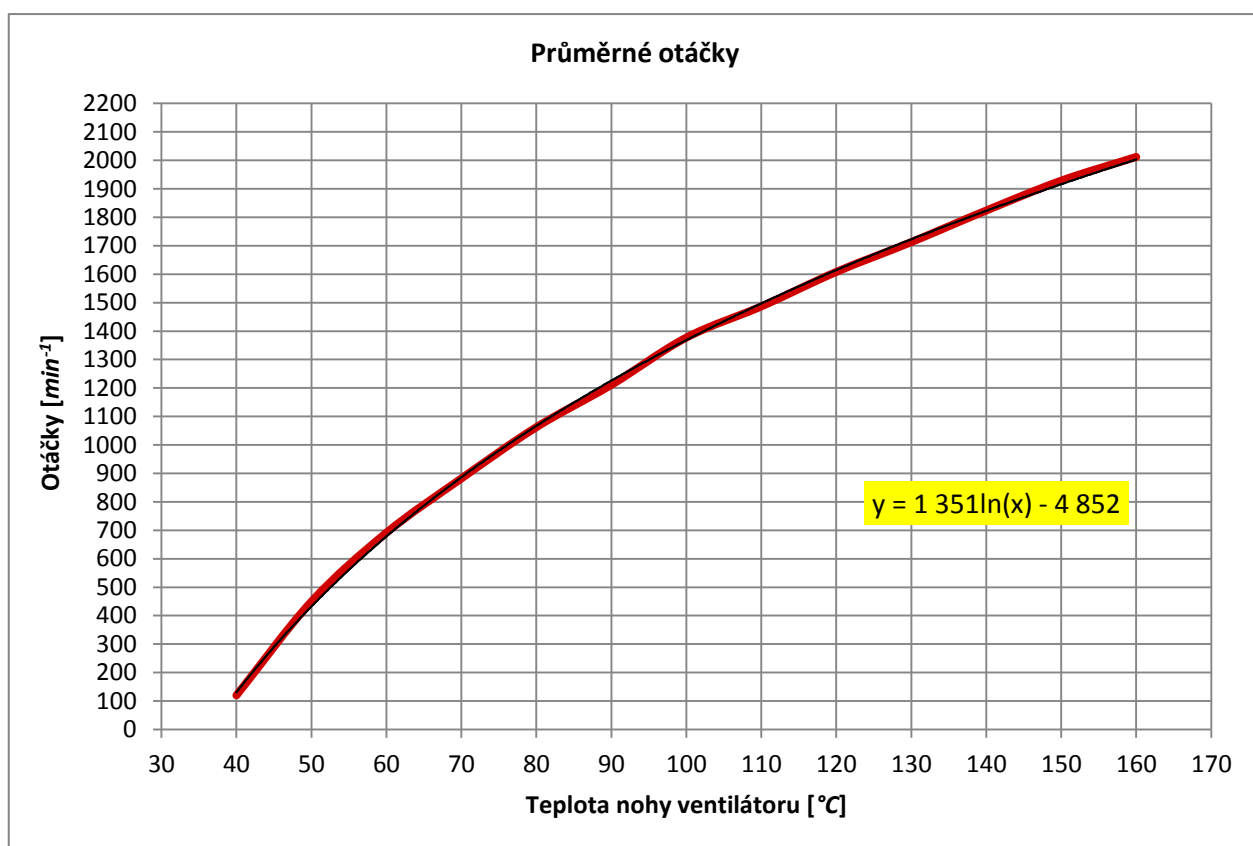


Graf 5 Měření otáček při daných teplotách – menší odchylky oproti předešlým měřením

Při porovnání jednotlivých otáček u měření 1 – 6 a dále pak 7 – 12 jsem se rozhodl, která z měření použít pro určení průměrných otáček při teplotách 160°C až 40°C. Nakonec jsou průměrné otáčky stanoveny ze všech měření, vyjma pátého a šestého měření. U grafu je i logaritmická spojnice trendu a rovnice, dovolující relativně přesně určit otáčky při jiných než naměřených teplotách.

Tab. 6 Průměrné otáčky při teplotách nohy ventilátoru

T ₂ – noha [°C]	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
Otáčky	2012	1929	1824	1713	1608	1487	1377	1211	1062	882	691	450	120

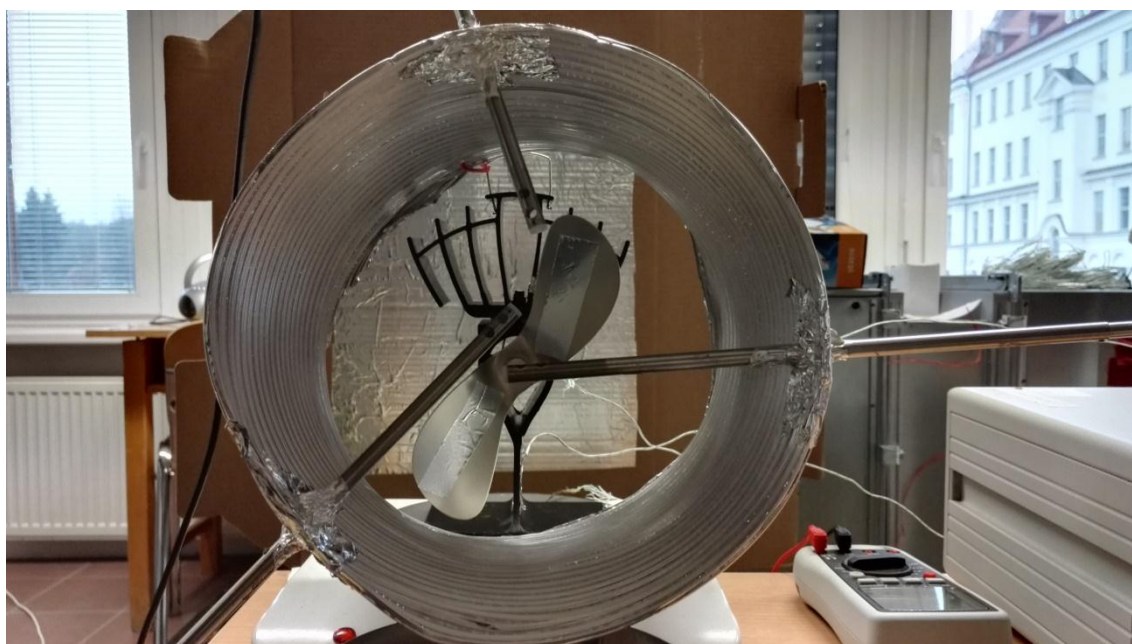


Graf 6 Průměrné otáčky ze všech měření

6. Měření rychlosti

V předešlém textu byla zpracována data ohledně napětí i otáček. Abychom však mohli zjistit výkon pomocí vzorců pro malé větrné elektrárny, bylo nezbytné změřit i rychlost. Celé měření probíhalo s pomocí tří anemometrů, které byly zapojeny do měřicí ústředny, jež zapisovala výsledky do paměti, ze kterých následně byla zjištěna průměrná rychlost proudu vzduchu. Abychom rychlost proudu mohli změřit, byl použit nátrubek o průměru 250 mm, kterým vzduch proudil. Oproti měření napětí a otáček je zde změna v teplotním rozsahu, kdy rychlosti byly měřeny pouze při teplotě nohy v intervalu od 160°C do 50°C.

V tabulkové formě jsou uvedeny vždy tři naměřené rychlosti, označeny jako “vpravo,” “horní” a “vlevo,” což koresponduje s *obrázkem č.5*, na kterém jsou anemometry patrné.



Obr. 5 Příprava a upevňování anemometrů [autor]

Tab. 7 Rychlosti proudění při jednotlivých měřeních

Teplota [°C]	1. Rychlosti [m/s]			
	Vpravo	Horní	Vlevo	Ø
160	2,234	0,490	2,199	1,641
150	2,221	0,410	2,252	1,628
140	2,026	0,430	1,897	1,451
130	1,798	0,375	1,511	1,228
120	1,484	0,300	1,403	1,062
110	1,469	0,280	1,691	1,147
100	1,378	0,245	1,285	0,969
90	1,239	0,270	1,067	0,859
80	1,097	0,253	1,007	0,785
70	0,849	0,222	0,857	0,643
60	0,707	0,197	0,568	0,491
50	0,509	0,164	0,313	0,329

Teplota [°C]	2. Rychlosti [m/s]			
	Vpravo	Horní	Vlevo	Ø
160	2,052	0,453	1,993	1,499
150	1,707	0,340	1,949	1,332
140	1,902	0,310	1,987	1,400
130	1,900	0,340	1,824	1,354
120	1,644	0,340	1,663	1,216
110	1,392	0,290	1,399	1,027
100	1,354	0,305	1,418	1,026
90	1,258	0,287	1,175	0,907
80	1,172	0,245	0,903	0,773
70	1,062	0,268	0,754	0,695
60	0,768	0,267	0,563	0,533
50	0,422	0,173	0,314	0,303

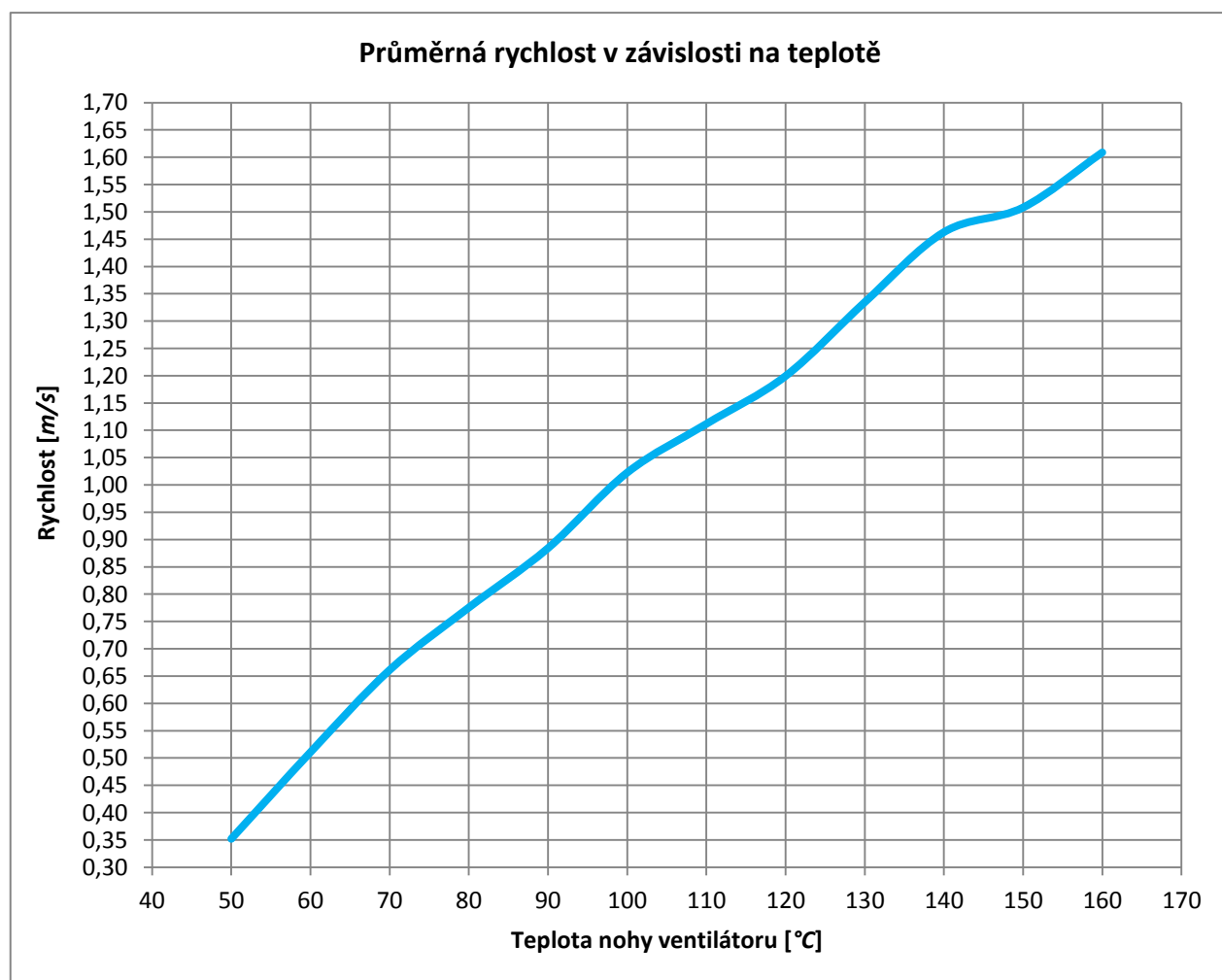
Teplota [°C]	4. Rychlosti [m/s]			
	Vpravo	Horní	Vlevo	Ø
160	2,296	0,463	2,378	1,713
150	2,165	0,470	2,139	1,591
140	2,061	0,423	2,034	1,506
130	1,930	0,530	1,747	1,402
120	1,612	0,480	1,717	1,270
110	1,545	0,307	1,680	1,177
100	1,320	0,320	1,516	1,052
90	1,271	0,286	1,127	0,895
80	1,214	0,305	0,834	0,784
70	1,028	0,224	0,716	0,656
60	0,746	0,370	0,584	0,567
50	0,477	0,357	0,349	0,394

Teplota [°C]	3. Rychlosti [m/s]			
	Vpravo	Horní	Vlevo	Ø
160	2,072	0,460	1,942	1,491
150	1,929	0,487	1,884	1,433
140	1,895	0,417	1,781	1,364
130	1,569	0,577	1,536	1,227
120	1,542	0,510	1,496	1,183
110	1,694	0,340	1,512	1,182
100	1,446	0,270	1,264	0,993
90	1,192	0,328	1,122	0,881
80	1,080	0,300	0,854	0,745
70	0,992	0,295	0,664	0,650
60	0,705	0,194	0,500	0,466
50	0,477	0,361	0,305	0,381

Teplota [°C]	5. Rychlosti [m/s]			
	Vpravo	Horní	Vlevo	Ø
160	2,360	0,410	2,330	1,700
150	2,318	0,310	2,040	1,556
140	2,314	0,460	2,006	1,593
130	2,112	0,390	1,881	1,461
120	1,709	0,413	1,678	1,267
110	1,500	0,310	1,268	1,026
100	1,725	0,230	1,263	1,073
90	1,349	0,273	1,021	0,881
80	1,295	0,247	0,828	0,790
70	1,038	0,230	0,720	0,662
60	0,796	0,199	0,495	0,496
50	0,537	0,132	0,390	0,353

Tab. 8 Vyhodnocení průměrných rychlostí – hodnoty ze všech měření

$T_{2-noha} [^{\circ}C]$	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50
$\Sigma \dot{V} [m/s]$	1,609	1,508	1,463	1,335	1,199	1,112	1,023	0,884	0,775	0,661	0,511	0,352



Graf 7 Průměrná rychlost ze všech měření

Část vzduchotechnického potrubí, díky kterému byla změřena rychlost, má průměr 250 mm. Díky tomu lze při dané rychlosti spočítat objemový průtok, který je určen v tabulce 9.

Tab. 9 Objemové průtoky vzduchu při daných průměrných rychlostech

$\Sigma \dot{V} [m/s]$	1,609	1,508	1,463	1,335	1,199	1,112	1,023	0,884	0,775	0,661	0,511	0,352
\varnothing Potrubí [mm]	250											
$V [m^3/s]$	0,079	0,074	0,072	0,066	0,059	0,055	0,050	0,043	0,038	0,032	0,025	0,017
$V [m^3/h]$	284,3	266,5	258,5	235,8	211,9	196,5	180,7	156,3	137,0	116,8	90,2	62,2

7. Stanovení výkonu a účinnosti

Zařízení je obdobou větrných elektráren, a proto jsem předpokládal, že pro zjištění výkonu by se zde mohl aplikovat vztah pro malé větrné elektrárny s tím, že vzniknou jisté chyby od skutečnosti. Po vyhodnocení všech měřených veličin a jejich dosazení do příslušných vztahů se však ukázalo, že pro takto malá zařízení, jakým je ventilátor EcoFan, nelze vztahy použít. Nezbyvalo tedy nic jiného, než přijít s jiným řešením pro stanovení účinnosti zařízení. Při hledání další možnosti, jak vyjádřit účinnost, jsem se dozvěděl, že výkon se dá spočítat také jako součin napětí a stejnosměrného proudu, který naštěstí termočlánek, nacházející se ve ventilátoru, generuje.

Použité vztahy pro výpočet výkonu, které se nakonec ukázaly jako liché [2] [3]:

$$P_e = 0,639 \cdot \rho \cdot r^2 \cdot v^3 \text{ [W]}$$

$$P_e = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot v^3 \cdot \rho \cdot \eta \text{ [W]}$$

$$\eta = \frac{2P_e}{\pi \cdot r^2 \cdot v^3 \cdot \rho} \text{ [-]}$$

P_e elektrický výkon [W]

r poloměr rotoru [m]

v rychlost proudu vzduchu [m/s]

ρ hustota vzduchu [kg/m^3]

η účinnost [-]

Stejnoseměrný proud byl měřen pomocí digitálního multimetru, a jelikož jeho hodnota kolísala, byla stanovena jediná hodnota pro maximální teplotu dosaženou pomocí elektrického vaříče. Dalšími potřebnými hodnotami pro získání účinnosti byly příkon elektrického vaříče a následný přepočet na plochu paty ventilátoru. Veškerá data, pro mě s nejdůležitějším vyjádřením účinnosti, jsou shrnuta v tabulkové formě.

Tab. 10 Stanovení účinnosti

$T_{2\text{-nohy}}$ [°C]	Napětí [V]	Proud [A]	S_{plotna} [cm ²]	S_{pata} [cm ²]	$P_{\text{vaříč}}$ [W]	Vaříč [W/cm ²]	Pata [W]	$P_{\text{termočlánek}}$ [W]	$\eta_{\text{přeměny}}$ [%]
160	1,7396	0,3701	268,80	90,00	1526	5,677	510,9	0,644	0,126

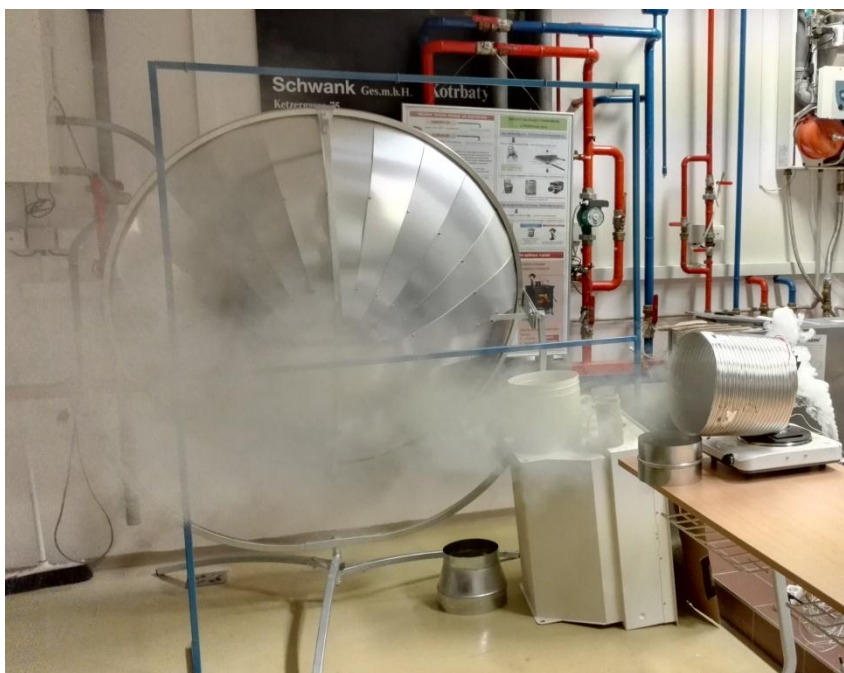
8. Dosah a zviditelnění proudu vzduchu

Na závěr mého experimentu jsem se rozhodl přidat zviditelnění proudu. Za pomoci kouřových patron byl bílý kouř nasáván a hnán ventilátorem do místnosti.



Obr. 6 Zviditelněný proud vzduchu

Měření probíhalo při nejvyšším výkonu elektrického vařiče a tedy i za nejvyšších otáček ventilátoru.



Obr. 7 Boční pohled na viditelný proud – dosah zhruba 2 metry

9. Závěr

Po zpracování experimentální části zbývá zhodnocení. Přes problémy při stanovení účinnosti přeměny tepelné energie v elektrickou, kdy se ukázalo, že nelze aplikovat vztahy pro malé větrné elektrárny, jsem se, zdá se, zdárně dobral jinými cestami k hodnotě účinnosti 0,126 %. Je třeba si však uvědomit, že velké množství tepla, které se šířilo z plotny elektrického vařiče do štíhlé nohy ventilátoru, bylo zmařeno a uniklo do okolí, a proto se procentuální vyčíslení účinnosti týká pouze ventilátoru, který sloužil k experimentální části této diplomové práce. Nicméně toto velmi malé procento dává tušit, proč termoelektrické jevy nejsou využívány ve větší míře a zdá se, že prozatím najdou uplatnění pouze v drobných senzorech a detektorech či u zařízení využívaných ve vesmíru.

Plusem v této části práce pro mě bylo stanovení napětí, otáček a především rychlostí, u kterých jsem neočekával takovou shodu v průběhu jednotlivých měření. Byly stanoveny průtoky vzduchu při určitých otáčkách ventilátoru a došlo také ke zviditelnění proudu vzduchu pomocí kouřových patron, kdy se ukázalo, že dosah proudu při maximálních otáčkách je zhruba 2 metry. Běžná krbová kamna s obložením dosahují teplot do 80°C, což má za následek, že dosah proudu bude výrazně slabší. Naopak u krbových kamen s varnou plotnou dosahuje teplota povrchu až 280°C, což odpovídá nejvyšším naměřeným teplotám plotny v tomto experimentu, a proto se dá předpokládat, že dosah proudu při domácím využití bude maximálně stejný jako při provedených měřeních v tomto experimentu.

V průběhu experimentu se měřilo více veličin najednou a v jedné osobě by to nebylo možné. Proto bych chtěl na úplný závěr velice poděkovat mé asistenci, slečně Monice, která mi pomáhala s měřením některých veličin a svého úkolu se zhostila bravurně.

10. Seznam použitých zdrojů

- [1] How to Read Thermocouples. Aimagin Blog [online]. [cit. 2015-12-13].
Dostupné z: <http://aimagin.com/blog/how-to-read-thermocouples/>
- [2] Větrné elektrárny. Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů [online].
[cit.2015-12-13]. Dostupné z: http://www.spvez.cz/pages/OZE/vitr_incl.htm
- [3] KAPPEL, Jindřich, Ing. Větrná energie, 1/98, ISSN 1211-0531

D. PROJEKT – TECHNICKÁ ZPRÁVA

1. Popis objektu a jeho umístění

Řešeným objektem je průmyslová hala sestávající ze dvou jednopodlažních hal a z přilehlé budovy umístěných u Břeclavi. Jedna z hal je určena jako výrobní, druhá pak jako skladovací. Přilehlá budova, jež tvoří s halami jeden komplex je dvoupodlažní, kdy je první nadzemní podlaží z velké části tvořeno hygienickým zázemím pracovníků, dále se zde pak nachází školící místnost a v poslední řadě místnost technická. Druhé nadzemní podlaží slouží k výkonu administrativy a nachází se zde kanceláře, školící a jednací místnost a také archiv.

Z konstrukčního hlediska jsou haly řešeny skeletovým systémem, ke kterému jsou kotveny stěnové izolační panely Kingspan doplněny o prosvětlovací polykarbonátový panel od téže firmy. Přilehlá budova je řešena též skeletovým systémem, doplněna o výplňové zdivo Heluz a tepelnou izolaci Isover. Na všech třech objektech jsou osazeny střešní izolační panely, kdy v obou halách jsou světlíky kvůli zajištění dostatečného osvětlení.

2. Výchozí podklady a rozsah projektu

Podkladem pro zpracování projektu byly použity půdorysy podlaží, které jsou uvedeny v přílohách. Dále se vycházelo z technických listů firmy Kotrbatý VMZ pro závěsné sálavé panely a listů firmy GEA Heat Exchangers pro teplovzdušné jednotky. Projekt řeší vytápění objektu ve dvou variantách, dále přípravu teplé vody, přípravu topné vody pro výměník vzduchotechnických jednotek a návrh vzduchových clon.

3. Tepelné ztráty

Výpočet tepelných ztrát byl proveden v souladu s ČSN EN 12831 (platnost od 2005) a ČSN 06 0210 (v platnosti od 1994). Hodnoty venkovních výpočtových a vnitřních výpočtových hodnot jsou též v souladu s ČSN EN 12831.

3.1. Klimatické a provozní podmínky

Řešený objekt se nachází v lokalitě s nadmořskou výškou 159 m n.m., s venkovní výpočtovou teplotou $t_e = -12^{\circ}\text{C}$. Počet dnů otopného období je 224 při definované střední denní venkovní teplotě pro začátek a konec otopného období v rámci vytápění $t_{em} = 13^{\circ}\text{C}$. Průměrná venkovní teplota v otopném období $t_{es} = 4,4^{\circ}\text{C}$.

3.2. Vnitřní teploty

Šatny, školící místnosti, recepce	$t_i = 20^{\circ}\text{C}$
Kanceláře, archiv, jednací místnosti	$t_i = 20^{\circ}\text{C}$
Hygienická zařízení	$t_i = 20^{\circ}\text{C}$
Chodby s pobytem osob	$t_i = 20^{\circ}\text{C}$
Hala, skladovací prostory	$t_i = 18^{\circ}\text{C}$
Výroba	$t_i = 16^{\circ}\text{C}$
Sklady, chodby bez pobytu osob	$t_i = 15^{\circ}\text{C}$

3.3. Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

Všechny konstrukce jsou navrženy v souladu s hodnotami dle ČSN 730540 – 2 :2011.

• Obvodová stěna	$U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Stěnový panel Kingspan TF	$U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Stěnový panel Kingspan AWP	$U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Vnitřní stěna, tl. 250 mm	$U = 0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Příčka, tl. 140 mm	$U = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Podlaha přilehlá k zemině	$U = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Strop	$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Střešní plášť	$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Střešní plášť (hala II)	$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Dveře	$U = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Okno	$U = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Vrata	$U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Světlík	$U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
• Prosvětlovací panel	$U = 1,26 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.4. Tepelný výkon a potřeba tepla

3.4.1. Vytápění

Požadovaný tepelný výkon na vytápění vychází ze součtu tepelných ztrát, prostupem a infiltrací jednotlivých pater.

• Požadovaný tepelný výkon (Hala I)	$Q_{\text{VYT}} = 14,24 \text{ kW}$
• Požadovaný tepelný výkon (Hala II)	$Q_{\text{VYT}} = 50,25 \text{ kW}$
• Požadovaný tepelný výkon (Hala III)	$Q_{\text{VYT}} = 41,62 \text{ kW}$

3.4.2. Vzduchotechnika

Jedná se o nucený, rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla. Přiváděný vzduch má v hale I teplotu 20°C, v hale II teplotu 16°C a v hale III teplotu 18°C.

- Tepelný výkon (Hala I) $Q_{VZT} = 21,20 \text{ kW}$
- Tepelný výkon (Hala II) $Q_{VZT} = 49,60 \text{ kW}$
- Tepelný výkon (Hala III) $Q_{VZT} = 15,70 \text{ kW}$

3.4.3. Vzduchové clony

- Tepelný výkon (Hala II, III) $Q_C = 152,20 \text{ kW}$

3.4.4. Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohřev TV $Q_{TV} = 19,58 \text{ kW}$

3.4.5. Potřeba tepla

- Potřeba tepla (Hala I) 26,80 MWh (96,48 GJ)
- Potřeba tepla (Hala II) 92,35 MWh (332,46 GJ)
- Potřeba tepla (Hala III) 74,16 MWh (266,98 GJ)
- Spotřeba tepla pro všechny haly 223,73 MWh (805,43 GJ)
- Spotřeba TV 84,47 MWh (304,09 GJ)

Potřeby tepla byly vypočteny dle ČSN EN ISO 13 790 – Tepelné chování budov

4. Zdroj tepla

4.1. Zdroj tepla

Zdrojem tepla pro vytápění, nucené větrání, vzduchové clony a přípravu teplé vody budou dva stacionární plynové kondenzační kotle, každý s maximálním výkonem 187 kW při teplotním rozdílu 80/60°C. Otopná voda bude z kotlového okruhu vedena přes hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků (HVDT) do rozdělovače a sběrače (RS) s jednotlivými topnými větvemi. Jedná se o kotle kategorie B, vzduch pro provoz spotřebiče je tedy přiváděn z prostoru, ve kterém je instalován. Spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru díky spalinové cestě, která je tvořena systémem Schiedel ICS. Od každého kotle je zajištěn odvod kondenzátu, který bude neutralizován zařízením NE 0.1. Celkový výkon kotelny je 374 kW, tudíž se jedná o kotelnu spadající do kategorie III dle ČSN 07 0703.

Příprava teplé vody bude prováděna v zásobníkovém ohřivači Tipex TXI o objemu 2000 l. V letním provozu je uvažováno s variantou, kdy přípravu teplé vody bude zajišťovat vzduchotechnická jednotka s integrovaným tepelným čerpadlem vzduch/voda využívající odpadní vzduch z haly II. Jedná se o atypické zařízení, které by muselo být vyrobeno na zakázku pro dané účely.

4.2. Pojistné zařízení

Tato zařízení chrání otopnou soustavu proti překročení nejnižšího a nejvyššího dovoleného přetlaku, dále vyrovnávají změny díky teplotní objemové roztažnosti vody. Navrženy byly tlakové expanzní nádoby s membránou Aquafill HS o objemu 200 l (varianta A) a tlaková expanzní nádoba Aquafill HS o objemu 150 l (varianta B). Dále byly navrženy dva pojistné ventily Honeywell Braukmann SM120 s průměrem sedla 24 mm a otevíracím přetlakem $p_{ot} = 350 \text{ kPa}$.

5. Otopná soustava – varianta A

5.1. Otopná tělesa

Otopná soustava je navržena jako uzavřená dvoutrubková, převážně se spodním rozvodem a horizontálním napojením otopných těles. Otopná soustava je teplovodní nízkoteplotní s nuceným oběhem vody, dělená do jednoho topného okruhu, který se dále v objektu dělí do čtyř stoupacích potrubí. Soustava má teplotní spád 50/45 °C.

Rozvody otopné vody jsou navrženy z měděného potrubí, které je vedeno od rozdělovače do podhledových konstrukcí. Z těchto konstrukcí je vedeno do dalších podlaží, odkud se již potrubí vede po stěně k otopným tělesům.

V případě dlouhých rovných úseků jsou úseky opatřeny osovými kompenzátory, v jiném případě je kompenzace umožněna změnou trasy rozvodů. Při průchodu jednotlivými podlažími je nutno umožnit dilataci či potrubí uložit do chrániček. Měděné potrubí je v souladu s ČSN EN 1057, spojováno je pájením či lisováním. Navržena byla desková otopná tělesa RADIK VK, RADIK VKL. Všechna tělesa jsou bílé barvy RAL 9016, opatřena termostatickými hlavicemi a odvzdušňovacími ventily. Otopná tělesa zajišťují z výroby dlouhodobou korozní a mechanickou odolnost, nebude tedy nutné opatřovat je dodatečnými povrchovými úpravami.

5.2. Vzduchové clony

Vzduchové clony jsou navrženy v hale II a v hale III v prostoru vrat. Jedná se o průmyslové vertikální provedení s vodním ohřevem vzduchu, typ P8–8W–400, kdy délka štěrbin je 4 metry. Každá vrata mají po své straně dvě takovéto clony, každá s dosahem 2,5 metrů.

5.3. Závěsné sálavé panely

Panely jsou navrženy od firmy Kotrbatý VMZ, kdy jsou tyto panely vyráběny v normalizovaných délkách 2000, 3000, 4000 a 6000 mm a šířkách 300 mm až 1500 mm vždy v násobcích rozměru modulu, který činí 150 mm.

Pokud tedy panel tvoří 2 moduly, rozměr takového panelu je 300 mm, pokud panel sestává z 10 modulů, dosahuje panel maximální vyráběné šířky 1500 mm. V modulu panelu je buďto trubka o průměru 28x1,5 mm, což se týká vodních systémů nebo trubka 28x2,6 mm, což platí pro systémy parní. Navržené panely mají teplotní spád otopné vody 80/60 °C.

5.4. Čerpací zařízení

● Větev otopných těles	Magna3 25–60
● Větev sálavých panelů	
pro halu I – místnosti 127	Alpha2 25–80 130
pro halu II – místnosti 130, 133	Alpha2 25–40 180
pro halu II – místnosti 131, 132	Alpha2 25–60 180
● Větev vzduchových clon	
pro halu I, II – úseky 123	Magna3 40–40
pro halu I – úseky abc	Magna3 25–40

5.5. Plnění a vypouštění otopné soustavy

Z důvodu možného poškození prvků zařízení díky tvorbě vodního kamene musí při napouštění či doplňování soustavy voda splňovat kritéria na tvrdost vody, kdy podmínkou je tvrdost $< 1^\circ \text{ dH}$. Toto kritérium bude zajišťovat zařízení Fillsoft. Vypouštění je možno provádět přes tělesa či přes vypouštěcí kohouty.

5.6. Izolace potrubí

Jako izolace potrubí byla vybrána technická izolace ROCKWOOL PIPO ALS. Jedná se o izolační výrobek z minerální plsti s polepem hliníkovou fólií, vyztužený mřížkou ze skleněných vláken. Izolace PIPO ALS je vhodná pro izolaci rozvodů tepla v teplotních rozmezích 15°C až 250°C.

5.6.1. Otopná tělesa

Na jednotlivé průměry potrubí byly navrženy tyto tloušťky izolace:

12x1	20 mm
15x1	30 mm
18x1, 22x1, 28x1,5	40 mm
35x1,5, 42x1,5	50 mm

5.6.2. Vzduchové clony

Na jednotlivé průměry potrubí byly navrženy tyto tloušťky izolace:

DN 25	50 mm
DN 32	60 mm
DN 40	40 mm
DN 50	40 mm
DN 65	60 mm

5.6.3. Sálavé panely

Na jednotlivé průměry potrubí byly navrženy tyto tloušťky izolace:

DN 20	40 mm
DN 25	50 mm
DN 32	60 mm

6. Otopná soustava – varianta B

6.1. Otopná tělesa

Otopná soustava je navržena jako uzavřená dvoutrubková, převážně se spodním rozvodem a horizontálním napojením otopných těles. Otopná soustava je teplovodní nízkoteplotní s nuceným oběhem vody, dělená do jednoho topného okruhu, který se dále v objektu dělí do čtyř stoupacích potrubí. Soustava má teplotní spád 50/45 °C.

Rozvody otopné vody jsou navrženy z měděného potrubí, které je vedeno od rozdělovače do podhledových konstrukcí. Z těchto konstrukcí je vedeno do dalších podlaží, odkud se již potrubí vede po stěně k otopným tělesům.

V případě dlouhých rovných úseků jsou úseky opatřeny osovými kompenzátory, v jiném případě je kompenzace umožněna změnou trasy rozvodů. Při průchodu jednotlivými podlažími je nutno umožnit dilataci či potrubí uložit do chrániček. Měděné potrubí je v souladu s ČSN EN 1057, spojováno je pájením či lisováním. Navržena byla desková otopná tělesa RADIK VK, RADIK VKL. Všechna tělesa jsou bílé barvy RAL 9016, opatřena termostatickými hlavicemi a odvzdušňovacími ventily. Otopná tělesa zajišťují z výroby dlouhodobou korozní a mechanickou odolnost, nebude tedy nutné opatřovat je dodatečnými povrchovými úpravami.

6.2. Vzduchové clony

Vzduchové clony jsou navrženy v hale II a v hale III v prostoru vrat. Jedná se o průmyslové vertikální provedení s vodním ohřevem vzduchu, typ P8–8W–400, kdy délka štěrbin je 4 metry. Každá vrata mají po své straně dvě takovéto clony, každá s dosahem 2,5 metrů.

6.3. Teplovzdušné jednotky

Jedná se o teplovzdušné jednotky s vodním výměníkem a podkladem pro návrh byly údaje firmy GEA Heat Exchangers. Přesněji se jedná o jednotky s označením Sahara Max HN, které jsou určeny do průmyslové výroby a vyráběny jsou v pěti konstrukčních velikostech.

Všechny navržené jednotky jsou označeny HN 11.UWAR(L)AD.CKD. První číslo v popisku označuje velikost, druhé pak výkonovou řadu jednotky. Písmena v označení mají vysvětlit funkci jednotky, tím je myšleno, zda je jednotka směšovací nebo či oběhová, zda slouží k vytápění nebo chlazení, zda se připojuje zprava či zleva, atd.

6.4. Čerpací zařízení

- Větev otopných těles Magna3 25–60
- Větev teplovzdušných jednotek Magna3 25–60
- Větev vzduchových clon
pro halu I, II – úseky 123 Magna3 40–40
pro halu I – úseky abc Magna3 25–40

6.5. Plnění a vypouštění otopné soustavy

Z důvodu možného poškození prvků zařízení díky tvorbě vodního kamene musí při napouštění či doplňování soustavy voda splňovat kritéria na tvrdost vody, kdy podmínkou je tvrdost $< 1^\circ$ dH. Toto kritérium bude zajišťovat zařízení Fillsoft. Vypouštění je možno provádět přes tělesa či přes vypouštěcí kohouty.

6.6. Izolace potrubí

Jako izolace potrubí byla vybrána technická izolace ROCKWOOL PIPO ALS. Jedná se o izolační výrobek z minerální plsti s polepem hliníkovou fólií, vyztužený mřížkou ze skleněných vláken. Izolace PIPO ALS je vhodná pro izolaci rozvodů tepla v teplotních rozmezích 15°C až 250°C.

6.6.1. Otopná tělesa

Na jednotlivé průměry potrubí byly navrženy tyto tloušťky izolace:

12x1	20 mm
15x1	30 mm
18x1, 22x1, 28x1,5	40 mm
35x1,5, 42x1,5	50 mm

6.6.2. Vzduchové clony

Na jednotlivé průměry potrubí byly navrženy tyto tloušťky izolace:

DN 25	50 mm
DN 32	60 mm
DN 40	40 mm
DN 50	40 mm
DN 65	60 mm

6.6.3. Teplovzdušné jednotky

Na jednotlivé průměry potrubí byly navrženy tyto tloušťky izolace:

DN 25	50 mm
DN 32	60 mm
DN 40	40 mm
DN 50	40 mm

7. Požadavky na ostatní profese

7.1. Stavební práce

Prostupy ve stěnách a stropích musí být větší, než je dimenze příslušného procházejícího potrubí a otvory musí být následně stavebně zapraveny. V podhledových konstrukcích je nutné zajistit revizní otvory pro umístění armatury. V technické místnosti je nutné zřídit otvor pro přívod spalovacího vzduchu. Dále je nutné řešit prostup komínového průduchu přes druhé nadzemní podlaží a střechu. Pro systém Schiedel ICS je nutné zřídit podepření tělesa.

7.2. Zdravotechnika

Pracovník z oboru ZTI zajistí přívod pitné vody pro automatické doplňování vody do otopného systému. Profese ZTI musí dále zajistit připojení zásobníkového ohřívače vody, návrh podlahové vpusti v technické místnosti a odvod kondenzátu do kanalizace.

7.3. Elektroinstalace

Zde bude řešeno připojení všech technologických zařízení v technické místnosti, dále elektrické zapojení teplovzdušných jednotek, které je nutné provést pouze podle platných schémat el. zapojení. Schéma elektrického zapojení je umístěno na vnitřní straně víka elektroskríně jednotky nebo přiloženo jako samostatný list.

7.4. Měření a regulace

Celá soustava je regulována ekvitermně. Venkovní čidlo nesmí být ovlivňováno slunečním svitem, proto je doporučeno ho osadit na severní stranu objektu, případně stanovit opatření tak, aby nebylo ovlivňováno. Pracovník profese MaR provede osazení řídicích jednotek a modulů dodávaných společně k plynovému kotli. Dále provede osazení a zapojení teplotních čidel a propojí čerpadla a třicestné ventily s řídicí jednotkou.

8. Montáž a požadované zkoušky

8.1. Montáž sálavých panelů

Montážní práce mohou provádět jen kvalifikovaní pracovníci. Při montáži je nutné dodržet technické a bezpečnostní nařízení. Před začátkem montáže je nutné rozměřit a vhodným způsobem připevnit závěsy panelů na střešní vazníky objektu či na pomocné konstrukce. Závěsy musí být dostatečně dimenzovány na daný typ panelů a musí být bezpečně uchyceny. Doporučený způsob zavěšení je dle výrobce do písmena V.

Zavěšení jednotlivých panelů se provádí na řetízky s odpovídající únosností a vyrovnaní do vodorovné polohy se realizuje napínacími šrouby. Na řetízky se zavěsí sálavé panely pomocí řetězových rychlospojek namontovaných v panelu. Po zavěšení a vyrovnaní všech panelů, jenž tvoří sálavý pás, se provede jejich spojení a dále propojení pomocí příslušných prvků a dojde k připojení ke zdroji teplotnosné látky, což bude v tomto případě voda. Na výběr jsou dva způsoby spojování panelů. Prvním z nich je propojení pomocí svařování, které se provede v místě dotyku trubek panelu. Druhou variantou je spojení, provedené pomocí nátrubku k zalisování.

Lisování se provádí elektromechanickým lisovacím nářadím. Přívodní potrubí vedené k jednotlivým pásům se napojuje zespodu. Zpětné potrubí ze soustavy je vedeno vzhůru a před klesáním je instalováno od vzdušnění soustavy.

8.2. Montáž teplovzdušných jednotek

Místo montáže musí být vhodné a navržené pro trvalé zavěšení vytápěcích jednotek. Minimální vzdálenost u stropních jednotek od stropní konstrukce je 300 mm, což bude při výšce zavěšení 6 m nad podlahou dodrženo. Jednotky je nutné vždy montovat vodorovně kvůli od vzdušňování a vypouštění vodního výměníku. Při upevnění jednotek je nutné se vyvarovat pnutí, kroucení či vibracím. Přívodní a zpětné potrubí vedené k vodnímu výměníku jednotky je nutné položit tak, aby se zabránilo vzniku mechanických pnutí na výměníku a byla zaručena dobrá přístupnost k jednotce při údržbě a opravách.

8.3. Zkoušky zařízení

Před uvedením do provozu je nutno provést zkoušky v souladu s ČSN 06 0310. Jedná se v první řadě o propláchnutí veškerých komponentů soustavy. Dále následuje zkouška těsnosti, která se provádí před zazděním drážek, zakrytím kanálů a např. provedením nátěrů a izolací. Zkouška probíhá tak, že se soustava naplní vodou na nejvyšší dovolený přetlak, řádně se odvzdušní a všechny spoje, otopná tělesa, armatury apod. se prohlédnou, přičemž se nesmějí projevit žádné viditelné netěsnosti. Soustava je napuštěná po dobu nejméně 6 hodin. Po uplynutí této doby se provede nová vizuální prohlídka. Pokud se při této prohlídce neobjeví netěsnosti nebo se neprojeví znatelný pokles hladiny v expanzní nádobě, zkouška se považuje za úspěšnou. Dále následuje zkouška provozní, která se dělí na dilatační a topnou.

Dilatační zkouška se provádí před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením tepelných izolací. Teplonosná látka se zahřeje na nejvyšší pracovní teplotu a nechá se vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Postup se opakuje ještě jednou a pokud nejsou shledány netěsnosti zařízení či jiné závady, zkouška se považuje za úspěšnou. Topná zkouška se provádí za účelem zjištění funkce, nastavení a seřízení zařízení. Kontroluje se při ní zejména správná funkce armatur, rovnoměrné ohřívání otopných těles, správná funkce regulačních a měřicích zařízení apod. Jedná se o soustavu nad 100 kW, a proto by měla topná zkouška trvat 72 hodin bez delších provozních přestávek. O veškerých zkouškách se provede zápis s vyhodnocením. Po skončení se provozovateli předá protokol o provedených zkouškách.

9. Normy a legislativa

ČSN 06 0310 Ústřední vytápění – Projektování a montáž

ČSN EN 12831 – Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 12828 – Navrhování teplovodních tepelných soustav

ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení

ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

ČSN 07 0703 – Kotelny se zařízením na plynná paliva

ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění

ČSN EN 15450 Tepelné soustavy v budovách – Navrhování otopných soustav s tepelnými čerpadly

ČSN EN 1057 Měď a slitiny mědi - Trubky bezešvé kruhové z mědi pro vodu a plyn pro sanitární instalace a vytápěcí zařízení

ČSN EN 14037-1 Stropní závěsné sálavé panely teplovodní s teplotou vody nižší než 120 °C Část 1: Technické specifikace a požadavky

ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov

Vyhl. MMRČR č. 499/2006 Sb. O dokumentaci staveb

Vyhláška č. 193/2007 Sb. kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

ZÁVĚR

Diplomová práce sestávající ze tří částí měla pomoci čtenáři i mně samotnému prohloubit znalosti o daném tématu. V teoretické části byly popsány technické způsoby využití odpadního tepla a důvod, proč je každým rokem nutnější toto teplo využívat. Výpočtová část se zaměřila na vytápění objektu ve dvou variantách, kde byly pro haly navrženy závěsné sálavé panely a teplovzdušné jednotky. Klasická desková otopná tělesa byla navržena pouze pro sousedící, převážně administrativní objekt. Kromě návrhu vytápění objektu došlo také k návrhu vzduchových clon, řešena byla koncepce nuceného větrání a příprava teplé vody. Zdrojem tepla pro všechny systémy byl plynový kondenzační kotel. Experimentální část, která tvořila poslední díl diplomové práce, měla za úkol zjistit účinnost přeměny energie tepelné v elektrickou. Vyjma měření napětí, které generoval termoelektrický článek, byly také měřeny otáčky ventilátoru a rychlosti proudění. Po všech výpočtech byla účinnost takovéto přeměny stanovena na necelých 0,13%. Toto číslo svědčí o faktu, že využití termoelektrických jevů je v této době a při daných technických možnostech pouze otázkou nenáročných přístrojů či zařízení, které nemají jinou možnost napájení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značka	Jednotka	Význam značky
λ	[W/mK]	Součinitel tepelné vodivosti
R_i	[m ² K/W]	Tepelný odpor i-té vrstvy
R_T	[m ² K/W]	Celkový odpor konstrukce
R_{si}	[m ² K/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_{se}	[m ² K/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
U	[W/m ² K]	Součinitel prostupu tepla
$U_{N,20}$	[W/m ² K]	Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla
ΔU	[W/m ² K]	Přirážka na tepelné mosty
U_{kc}	[W/m ² K]	Celkový součinitel prostupu tepla konstrukce i s přirážkou
$U_{equiv,k}$	[W/m ² K]	Ekvivalentní "U" konstrukce v kontaktu se zemínou
A_k	[m ²]	Plocha konstrukce
b_u	-	Součinitel redukce teploty
f_{ij}	-	Součinitel redukce teploty
f_{g1}	-	Opravný součinitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty
f_{g2}	-	Opravný teplotní součinitel
e_k	-	Korekční činitel zahrnující exponování
G_w	-	Opravný součinitel na vliv spodní vody
$H_{T,ie}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta do venkovního prostředí
$H_{T,iue}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta nevytápěným prostorem
$H_{T,ij}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta do prostorů vytápěných na jiné teploty
$H_{T,ig}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta zemínou
$\Sigma H_{T,i}$	[W/K]	Celková měrná tepelná ztráta prostupem
$\Phi_{T,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta prostupem
$V_{min,i}$	[m ³ /h]	Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů
$V_{inf,i}$	[m ³ /h]	Množství vzduchu, které projde do budovy díky infiltraci pláště
n	[h ⁻¹]	Násobnost výměny vzduchu
n_{50}	[h ⁻¹]	Intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa zjištěna měřením
e	[-]	stínící součinitel, závislý na poloze budovy v krajině
ε	[-]	Výškový korekční součinitel
$H_{v,i}$	[W/K]	Celková měrná tepelná ztráta větráním
$\Phi_{V,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta větráním
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Celkový tepelný výkon
t_{w1}	[°C]	Vstupní teplota otopné vody
t_{w2}	[°C]	Výstupní teplota otopné vody

Q_T	[W]	Výkon tělesa pro návrhové podmínky
n	[-]	Teplotní exponent otopného tělesa
Q_{2p}	[Wh]	Teplo odebrané z ohříváče TV
Q_{2t}	[Wh]	Teoretické teplo odebrané z ohříváče TV
Q_{2z}	[Wh]	Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV
V_{2p}	[m ³]	Denní potřeba teplé vody
z	[-]	Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci
V_z	[m ³]	Velikost zásobníku
ΔQ_{\max}	[W]	Maximální rozdíl tepla odebraného a dodaného
V_{1n}	[W]	Jmenovitý výkon ohřevu
Q	[W]	Výkon tělesa
M	[kg/h]	Hmotnostní průtok
L	[m]	Délka úseku
D_{xt}	[mm]	Rozměr potrubí - vnější průměr potrubí x tloušťka stěn
R	[Pa/m]	Tlaková ztráta třením
w	[m/s]	Rychlost proudění teplotnosné látky
ξ	[-]	Součinitel vřazeného odporu
Z	[Pa]	Tlaková ztráta místními (vřazenými) odpory
Δp_{RV}	[Pa]	Tlaková ztráta ventily
Δp	[Pa]	Tlaková ztráta úseku
Δp_{DIS}	[Pa]	Dispoziční tlak
V_e	[m ³]	Expanzní objem
V_o	[m ³]	Objem vody v otopné soustavě
n	[-]	Součinitel zvětšení objemu vody
V_{ep}	[m ³]	Objem expanzní nádoby
p_{hdov}	[Pa]	Nejvyšší dovolený přetlak soustavy
p_{ddov}	[Pa]	Nejnižší dovolený provozní přetlak
d_p	[mm]	Průměr expanzního potrubí
Q_p	[W]	Pojistný výkon
α_v	[-]	Výtokový součinitel pojistného ventilu
K	[W/mm ²]	Konstanta závislá na stavu syté vodní páry
A_o	[mm ²]	Průřez sedla pojistného ventilu
d_i	[mm]	Ideální průměr sedla pojistného ventilu
d_o	[mm]	Průměr sedla skutečného pojistného ventilu
a	[-]	Součinitel zvětšení sedla
t	[mm]	Tloušťka tepelné izolace potrubí
D	[mm]	Celkový průměr potrubí
s_t	[mm]	Tloušťka stěny potrubí
$\lambda_{izolace}$	[W/mK]	Součinitel tepelné vodivosti izolace potrubí

$\lambda_{\text{potrubí}}$ [W/mK]	Součinitel tepelné vodivosti potrubí
U_o [W/m ² K]	Požadovaný součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí
α_e [W/m ² K]	Součinitel přestupu tepla mezi povrchem potrubí a okolního vzduchu

SEZNAM PŘÍLOH

01	PŮDORYS OTOPNÉ SOUSTAVY 1.NP
02	PŮDORYS OTOPNÉ SOUSTAVY 2.NP
03	SCHÉMA ZAPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES
04	PŮDORYS SÁLAVÝCH PANELŮ – VARIANTA A
05	PŮDORYS TEPLOVZDUŠNÝCH JEDNOTEK – VARIANTA B
06	PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – VARIANTA A
07	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA – VARIANTA A
08	PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – VARIANTA B
09	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA – VARIANTA B
10	SCHÉMA SYSTÉMU REGULACE
11	DIMENZAČNÍ SCHÉMA OT 1.NP
12	DIMENZAČNÍ SCHÉMA OT 2.NP
13	DIMENZAČNÍ SCHÉMA TEPLOVZDUŠNÝCH JEDNOTEK